Государственная система санитарно-эпидемиологического нормирования Российской Федерации

4.3. МЕТОДЫ КОНТРОЛЯ. ФИЗИЧЕСКИЕ ФАКТОРЫ

ОПРЕДЕЛЕНИЕ УРОВНЕЙ МАГНИТНОГО ПОЛЯ В МЕСТАХ РАЗМЕЩЕНИЯ ПЕРЕДАЮЩИХ СРЕДСТВ РАДИОВЕЩАНИЯ И РАДИОСВЯЗИ КИЛО-,ГЕКТО-, И ДЕКАМЕТРОВОГО ДИАПАЗОНОВ

Методические указания
МУК 4.3.679-97

Издание официальное

Минздрав России
Москва
1998

gost.e-ecolog.ru

ББК 32.848 (О 62)
УДК 621.396.67: 537.63

О 62 Определение уровней магнитного поля в местах размещения передающих средств радиовещания и радиосвязи кило-, гекто- и декаметрового диапазонов: Методические указания.- М.: «Интерсэн», 1998.- 31 с.

ISBN 5-89834-008-4

1. Разработаны Бузовым А.Л., Романовым В.А., Кольчугиным Ю.П. (Самарский отраслевой научно-исследовательский институт радио Государственного Комитета Российской Федерации по связи и информатизации) и Кубановым В.П., Сподобаевым Ю.М. (Поволжский институт информатики, радиотехники и связи).

2. Представлены Госкомсвязи России письмом от 27.05.97 № НТУОТ-1/058. Одобрены Комиссией по государственному санитарно-эпидемиологическому нормированию при Минздраве России.

3. Утверждены и введены в действие Главным государственным санитарным врачом Российской Федерации от 6 ноября 1997 г.

4. Введены впервые.

ISBN 5-89834-008-4

© Минздрав России
© Центр санэпиднормирования гигиенической сертификации и экспертизы Минздрава России

«УТВЕРЖДАЮ»
Главный государственный
санитарный врач Российской Федерации
Онищенко Г.Г.
04 ноября 1997 г.
МУК 4.3.679 - 97
Дата введения: с момента утверждения.

4.3. МЕТОДЫ КОНТРОЛЯ. ФИЗИЧЕСКИЕ ФАКТОРЫ

ОПРЕДЕЛЕНИЕ УРОВНЕЙ МАГНИТНОГО ПОЛЯ В МЕСТАХ РАЗМЕЩЕНИЯ ПЕРЕДАЮЩИХ СРЕДСТВ РАДИОВЕЩАНИЯ И РАДИОСВЯЗИ КИЛО-, ГЕКТО- И ДЕКАМЕТРОВОГО ДИАПАЗОНОВ

Методические указания

1. ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ

Методические указания составлены в помощь инженерам органов и учреждений санитарно-эпидемиологической службы, инженерно-техническим работникам, проектным организациям средств связи с целью обеспечения предупредительного санитарного надзора за источниками излучения кило- (НЧ), гекто- (СЧ) и декаметрового (ВЧ) диапазонов технических средств радиовещания и радиосвязи, определения границ санитарно-защитных зон и зон ограничения застройки, а также для прогнозирования уровней магнитного поля (МП) при выборе мест размещения этих средств.

2. СУЩНОСТЬ МЕТОДА

Методика расчетного прогнозирования магнитных полей вблизи технических средств кило-, гекто- и декаметрового диапазонов базируется на строгих решениях соответствующих электродинамических задач тонкопроволочных структур, при известных функциях распределения

Издание официальное.

Настоящие методические указания не могут быть полностью или частично воспроизведены, тиражированы и распространены без разрешения Департамента госсанэпиднадзора Минздрава России.

токов по излучателям, которые определяются на основе приближенных решений. Основные положения методики и расчетные формулы приведены в разделе 3.

Методические указания содержат методику расчетного прогнозирования напряженности магнитного поля излучающих технических средств радиосвязи и радиовещания в кило-, гекто- и декаметровом диапазонах волн, а также методику измерений уровней магнитного поля. Расчетные и экспериментальные исследования, производимые в соответствии с данной методикой, являются необходимыми и достаточными при проведении электромагнитной экспертизы излучающих объектов.

Методические указания распространяются на радиотехнические объекты, которые могут быть укомплектованы как техническими средствами одного частотного диапазона, так и техническими средствами различных частотных диапазонов. Электромагнитные поля технических средств могут отличаться интенсивностью, поляризацией, частотами, зависимостью от параметров почвы и т.д. Методические указания учитывают индивидуальность реальных объектов, проявляющуюся (с точки зрения электромагнитной обстановки) в различии размещения и ориентации отдельных антенн, в несовпадении расписаний смены волн, в неодинаковом наборе технических средств.

В качестве передающих антенн кило- и гектометрового диапазонов методика предполагает использование ненаправленных и направленных (в горизонтальной плоскости) антенн.

К ненаправленным антеннам относятся одиночные антенны-мачты:

- антенна-мачта нижнего питания (АМНП);
- антенна-мачта верхнего питания (АМВП);
- антенна-мачта шунтового питания (АМШП);
- антенна с регулируемым распределением тока (АРРТ,АРРТ3, АРРТ3-2/3, АРРТ3-2/4);
- Г- и Т- образные антенны;
- «Диск»;
- «Наклонный луч» (одиночный и двойной);
- зонтичная антенна-мачта;
- низкие излучатели треугольной или квадратной формы на базе самодополнительных структур.

К направленным передающим антеннам относятся:

- система из двух антенн-мачт - активной и пассивной;
- система из двух активно питаемых антенн-мачт;
- антенная система СВ (2+2);
- антенная система СВ (4+4);
- «Заря».

В качестве передающих антенн декаметрового диапазона используются слабонаправленные и направленные антенны.

К слабонаправленным антеннам декаметрового диапазона относятся:

- произвольно ориентированные линейные симметричные вибраторы (антенны ВГДШ, веритикальные и наклонные симметричные вибраторы);

- антенны на основе симметричных вибраторов (антенны УГД, ВГДШ 2У, ВГДШП РА, АТЗИ);

- вертикальные несимметричные вибраторы.

В горизонтальной плоскости эти антенны имеют либо слабонаправленную, либо круговую характеристику направленности.

К направленным антеннам декаметрового диапазона относятся:

- синфазные антенны различных типов (СГД РН, СГД РА, СГД РАД, СГДП РА, многоэлементная АТЗИ);

- ромбические антенны (РГ, РГД);

- логопериодические антенны (ЛПН, ЛПВ, ЛПВ2).

Синфазные антенны типа СГД используются в разных режимах работы: с поворотом диаграммы направленности в горизонтальной плоскости, с синфазным и противофазным, а также линейным фазированием групп вибраторов.

Структура электромагнитного поля вблизи антенн кило-, гекто- и декаметрового диапазонов исключительно сложна и зависит от множества факторов: типа антенн, рабочих частот, уровня излучаемой мощности, поляризации излучаемого поля, электрофизических параметров почвы, рельефа местности, растительного покрова, характера и степени застройки, взаимного влияния антенн.

Учесть все эти факторы при расчетном прогнозировании и измерениях уровней напряженности поля не представляется возможным, поэтому при расчетах принимается окружающая объект поверхность гладкой, без затеняющих и переизлучающих предметов.

В расчетном прогнозировании магнитное поле определяется для конкретных значений электрофизических параметров почвы - диэлектрической проницаемости ε и проводимости δ. В реальных условиях поле вблизи антенн зависит от локальных значений параметров почвы, которые могут изменяться в широких пределах.

Если антенны излучающего объекта не располагаются на почвах с какими-то преимущественными параметрами, например, песок, болотистая почва, мерзлота и т.п., то прогнозирование следует проводить на наихудшие случаи. Для антенн, излучающих в дальнюю зону поле преимущественно горизонтальной поляризации, - это сухая почва (**e**=3 **s**=0,001 См/м), а для антенн, излучающих в дальнюю зону поле преимущественно вертикальной поляризации, - это сырая почва (**e**=20, **s**=0,1 См/м). При расчетах полей в пределах заземления антенн кило- и гектометрового диапазонов параметры подстилающей поверхности следует принимать **e** =1, **s**=10000 См/м.

3. ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ МЕТОДИКИ РАСЧЕТНОГО ПРОГНОЗИРОВАНИЯ

Особенностью электромагнитного прогнозирования в кило-, гекто- и декаметровом диапазонах является то, что поле необходимо определять на расстояниях, соизмеримых с геометрическими размерами антенн и длиной волны. Границы санитарно-защитной зоны и зоны ограничений застройки могут попадать как в ближнюю и промежуточную зоны излучения антенн, так и в дальнюю зону. Кроме того, в этих диапазонах характеристики излучения и структура полей вблизи антенн во многом зависят от электрофизических свойств земной поверхности. Учесть эти факторы возможно только в рамках строгих решений соответствующих электродинамических задач.

Антенны, создающие в волновой зоне поля преимущественно одной поляризации (горизонтальной или вертикальной), в ближней зоне создают поля других поляризаций, причем их уровни соизмеримы, а иногда и превышают уровни основной поляризации.

Теоретические исследования показали, что из-за сложной зависимости поля от параметров невозможно получить простые соотношения либо универсальные кривые. Для практического осуществления электромагнитного прогнозирования необходимо знание реального поведения каждой составляющей на различных расстояниях и высотах наблюдений, описать которые можно только в рамках строгих решений.

Поле сложных антенн определяется интегрированием полей соответствующих элементарных электрических вибраторов по линейным размерам этих антенн. При этом решается ряд специфических задач теории антенн, позволяющих более точно рассчитывать ближние поля (учет взаимного влияния элементов антенн и реальных распределений токов по излучателям).

Ниже приводятся основные исходные формулы, используемые для определения напряженности магнитного поля элементарных электрических вибраторов и некоторых перечисленных выше типов антенн.

3.1. НАПРЯЖЕННОСТЬ ПОЛЯ ЭЛЕМЕНТАРНЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ВИБРАТОРОВ

Основу разработанных методов расчета магнитных полей вблизи антенн кило-, гекто- и декаметрового диапазонов составляют строгие решения задач излучения элементарх вибраторов, расположенных над полупроводящей поверхностью.

Комплексные составляющие магнитного поля $H_x^в$ и $H_y^в$ вертикального элементарного электрического вибратора, расположенного в цилиндрической системе координат вдоль оси Z (ось Z перпендикулярна поверхности раздела и точка z=0 лежит на поверхности раздела), рассчитываются по формулам:

$$\bar{H}_x = -\frac{k_1 \omega p}{4\pi} h_{fs} \cdot \sin\varphi \cdot \frac{e^{ik_1 R_1}}{R_1} \cdot \bar{x}_0 ,$$

$$\bar{H}_y = -\frac{k_1 \omega p}{4\pi} h_{fs} \cdot \cos\varphi \cdot \frac{e^{ik_1 R_1}}{R_1} \cdot \bar{y}_0 ,$$

Через H_x и H_y можно получить **составляющую Hφ цилиндрической** системы координат:

$H\varphi = H_y \cos\varphi - H_x \sin\varphi$

В этих выражениях обозначены:

p = ill/ω - комплексная амплитуда **дипольного момента;**
I - ток, возбуждающий вибратор;
l - длина вибратора;
i - мнимая единица;
ω - круговая частота;
k_1 - $2\pi/\lambda$;
r, R_1, R_2 - геометрические параметры задачи, выражающиеся формулами:

$$R_1 = \sqrt{x^2 + y^2 + (z-h)^2}, \quad R_2 = \sqrt{x^2 + y^2 + (z+h)^2}, \quad r = \sqrt{x^2 + y^2},$$

x, y, z - координаты точки, в которой определяется напряженность поля;

h - высота подвеса вибратора;

$$h_{fs} = ia_r - i\Delta b_r + 2i\Delta u^{v}(\delta).$$

Здесь приняты обозначения:

$$a_r = i\left(1 + \frac{i}{k_1 R_1}\right) \sin\Theta, \qquad \sin\Theta = r/R_1,$$

$$b_r = i\left(1 + \frac{i}{k_1 R_1}\right) \sin\Theta`,$$

$$\sin\Theta` = \sqrt{1 - (z+h)^2/R_2^2},$$

$$\Delta = \frac{R_1}{R_2} \exp\left[-ik_1 (R_1 - R_2)\right].$$

Комплексные составляющие поля H_x^y, H_y^r, H_z^r горизонтального элементарного электрического вибратора, расположенного в декартовой системе координат в плоскости XOZ (ось Z перпендикулярна поверхности раздела, а плоскость XOY совпадает с поверхностью раздела), рассчитываются по формулам:

$$\bar{H}_x = \frac{k_1 \omega p}{4\pi} \cdot h_{xx} \cdot \frac{e^{ik_1 R_1}}{R_1} \cdot \bar{x}_0 ,$$

$$\bar{H}_y = \frac{k_1 \omega p}{4\pi} \cdot h_{yx} \cdot \frac{e^{ik_1 R_1}}{R_1} \cdot \bar{y}_0 ,$$

$$\bar{H}_z = \frac{k_1 \omega p}{4\pi} \cdot h_{zx} \cdot \frac{e^{ik_1 R_1}}{R_1} \cdot \bar{z}_0 ,$$

В этих выражениях обозначены:

$h_{xx} = - (h_{rf} + h_{fr}) \cos\varphi \sin\varphi$;
$h_{yx} = - h_{rf} \sin^2\varphi + h_{fr} \cos^2\varphi$;
$h_{zx} = - h_{sf} \sin\varphi$, где
$h_{rf} = ia_s + i\Delta b_s - 2\Omega` U^v (1/\delta) + 2\Omega` U^v(\delta) + 2\Delta` I^v (1/\delta)$,
$h_{fr} = - ia_s + i\Delta b_s - 2\Omega` U^v (1/\delta) + 2\Omega` U^v(\delta) + 2\Delta\delta I^v (\delta)$,
$h_{sf} = - ia_r + i\Delta b_r - 2i\Delta U^v (1/\delta)$.

Входящие в эти выражения параметры рассчитываются следующим образом:

$$a_s = i \left(1 + \frac{i}{k_1 R_1}\right) \cos\Theta, \qquad \cos\Theta = (z-h)/R_1,$$

$$b_s = i \left(1 + \frac{i}{k_1 R_2}\right) \cos\Theta`, \qquad \cos\Theta` = (z+h)/R_2,$$

$$a_r = i \left(1 + \frac{i}{k_1 R_1}\right) \sin\Theta, \qquad \sin\Theta = r/R_1,$$

$$b_r = i \left(1 + \frac{i}{k_1 R_1}\right) \sin\Theta`, \qquad \sin\Theta` = \sqrt{1 - (z+h)^2/R_2^2},$$

$$\Delta = \frac{R_1}{R_2} \exp\left[- ik_1 (R_1 - R_2)\right], \quad \delta = 1/\sqrt{\varepsilon + i\, 60\, \lambda\sigma + 1},$$

$$\Omega = \delta^2\Delta / \left[k_1 r (1-\delta^2)\right], \quad \Omega` = \Omega/\delta, \quad \Delta` = \Delta/\delta.$$

Вспомогательные функции I (δ) и U (δ) выражаются через функцию ослабления y (z,r) следующим образом:

$I(\delta) = y(z,r)$,

$U(\delta) = r(i - 1/k_1R_1)\, y(z,r)/R_1$.

Для вычисления функции ослабления, в которую входит интеграл вероятности от комплексного аргумента, используются сходящиеся и асимптотические разложения.

Для $|S| < 12$

$$y(z,r) = 1 + j\sqrt{\pi S_0}\, e^{-S} - 2\sqrt{SS_0} \sum_{\nu=0}^{n} (-2S)^{\nu}/(2\nu+1)!!.$$

Для $|S| \geq 12$ при $\mathrm{Im}\sqrt{S} \geq 0$

$$y(z,r) = 1 - \sqrt{S_0/S} \sum_{\nu=0}^{n} (2\nu-1)!!/(2S)^{\nu},$$

при $\mathrm{Im}\sqrt{S} < 0$

$$y(z,r) = 1 + 2j\sqrt{\pi S_0}\, e^{-S} - \sqrt{S_0/S} \sum_{\nu=0}^{n} (2\nu-1)!!/(2S)^{\nu},$$

где $S_0 = ik_1 R_2\delta^2/2\,(r/R_2)^2$, $S = S_0[1 + (z+h)/\delta R_2]^2$.

3.2. НАПРЯЖЕННОСТЬ ПОЛЯ СЛАБОНАПРАВЛЕННЫХ АНТЕНН, СОЗДАЮЩИХ ПОЛЯ ПРЕИМУЩЕСТВЕННО ГОРИЗОНТАЛЬНОЙ ПОЛЯРИЗАЦИИ

К слабонаправленным антеннам, создающим поля преимущественно горизонтальной поляризации, относятся горизонтальные вибраторные антенны декаметрового диапазона: ВГД, ВГДШ, УГД, ВГДШ 2У, ВГДШП РА, АТЗИ.

Напряженность магнитного поля (эффективное значение) в любой точке пространства вокруг рассматриваемых антенн, расположенных над земной поверхностью с реальными электрофизическими параметрами, в декартовой системе координат имеет три составляющие

H_x, H_y и H_z и определяется как $H = \sqrt{|H_x|^2 + |H_y|^2 + |H_z|^2}$

Составляющие H_x, H_y и H_z рассчитываются интегрированием полей горизонтальных элементарных электрических вибраторов H_x^r, H_y^r, и H_z^r по длине плеч вибраторных антенн с учетом функции распределения тока.

Для антенн ВГДШ 2У и АТЗИ составляющие магнитного поля определяются суммированием соответствующих составляющих линейных симметричных вибраторов.

Для антенн ВГДШП РА составляющие поля определяются как от от-

дельного линейного симметричного вибратора с учетом рефлектора. Данное упрощение оправдывает себя, так как дает малую погрешность результатов. Влияние рефлектора учитывается введением расчета поля от зеркальных изображений излучающих элементов.

3.3. НАПРЯЖЕННОСТЬ ПОЛЯ СЛАБОНАПРАВЛЕННЫХ АНТЕНН, СОЗДАЮЩИХ ПОЛЯ ПРЕИМУЩЕСТВЕННО ВЕРТИКАЛЬНОЙ ПОЛЯРИЗАЦИИ

К слабонаправленным антеннам, создающим поля преимущественно вертикальной поляризации, относятся антенны в виде вертикальных симметричных и несимметричных вибраторов в декаметровом диапазоне и одиночные антенны-мачты (АМНП, АМВП, АМШП, АРРТ и так далее) в кило- и гектометровом диапазонах.

Напряженность магнитного поля (эффективное значение) в любой точке пространства вокруг линейного вертикального вибратора, расположенного над земной поверхностью с реальными электрофизическими параметрами, в цилиндрической системе координат имеет одну составляющую $H\varphi$.

Составляющая $H\varphi$ рассчитывается интегрированием поля вертикальных элементарных электрических вибраторов $H\varphi^{в}$ по длине антенны с учетом функции распределения тока.

3.4. НАПРЯЖЕННОСТЬ ПОЛЯ МНОГОВИБРАТОРНЫХ АНТЕНН ДЕКАМЕТРОВОГО ДИАПАЗОНА

Многовибраторные антенны в декаметровом диапазоне представлены тремя основными типами синфазных антенн СГД РА, СГД РН и СГД РАД, а также логопериодическими антеннами ЛПН, ЛПН2, ЛПВ и другими.

Антенна СГД РА имеет апериодический рефлектор, который выполняется в виде горизонтальной сетки проводов. Рефлекторы антенн СГД РН и СГД РАД выполняются в виде полотна, идентичного полотну антенны. В антенне СГД РН рефлектор настраиваемый пассивный, а в антенне СГД РАД - активный. Синфазные антенны СГДП выполняются на плоскостных вибраторах. Расчет электрических полей для всех типов синфазных антенн проводится по одной и той же методике.

Напряженность магнитного поля (эффективное значение) в любой точке пространства вокруг многовибраторных антенн, расположенных над земной поверхностью с реальными электрофизическими параметрами, в декартовой системе координат имеет три составляющие H_x, H_y, H_z и определяется как

$$H = \sqrt{|H_x|^2 + |H_y|^2 + |H_z|^2}$$

Составляющие H_x, H_y и H_z определяются суммированием соответствующих отдельных линейных симметричных вибраторов, из которых состоит многовибраторная антенна.

Так, например, для синфазной антенны составляющие имеют вид:

$$H_x = \sum_{i=1}^{M \cdot H} H_{xi} + \sum_{i=1}^{M \cdot H} H_{xi}^{P},$$

$$H_y = \sum_{i=1}^{M \cdot H} H_{yi} + \sum_{i=1}^{M \cdot H} H_{yi}^{P},$$

$$H_z = \sum_{i=1}^{M \cdot H} H_{zi} + \sum_{i=1}^{M \cdot H} H_{zi}^{P},$$

где H_{xi} , H_{yi}, H_{zi} - составляющие электрического поля линейных симметричных вибраторов полотна антенны, H_{xi}^{P} , H_{yi}^{P} и H_{zi}^{P} - составляющие электрического поля линейных симметричных вибраторов рефлекторов РН или РАД (для рефлектора РА - зеркальных отображений вибраторов антенны), M и N - количество этажей вибраторов и вибраторов в этаже синфазной антенны.

Составляющие электрического поля линейных симметричных вибраторов определяются по методике, приведенной в разделе 2. При этом в расчетах для отдельных вибраторов, входящих в многовибраторные антенны, изменяются только их координаты относительно выбранной точки наблюдения. Ток в отдельных вибраторах антенны определяется одним из известных методов анализа решеток излучателей - методом наведенных ЭДС либо методом интегральных уравнений. Режимы работы многовибраторных антенн в расчетах обеспечиваются соответствующей фазировкой токов вибраторов или групп вибраторов.

3.5. НАПРЯЖЕННОСТЬ ПОЛЯ РОМБИЧЕСКИХ АНТЕНН

Для целей радиосвязи и радиовещания применяются одиночные РГ и двойные ромбические антенны РГД.

Напряженность магнитного поля (эффективное значение) в любой точке пространства вокруг ромбической антенны, расположенной над земной поверхностью с реальными электрофизическими параметрами в декартовой системе координат имеет три составляющие H_x , H_y и H_z и определяется как

$$H = \sqrt{|H_x|^2 + |H_y|^2 + |H_z|^2}$$

Составляющие H_x , H_y и H_z определяются суммированием соответствующих составляющих одиночных ромбических антенн, входящих в антенну РГД:

$$H_x = H_x^{P1} + H_x^{P2}, \quad H_y = H_y^{P1} + H_y^{P2}, \quad H_z = H_z^{P1} + H_z^{P2}$$

Составляющие магнитного поля одиночной ромбической антенны РГ определяются суммированием полей ее отдельных элементов - четырех сторон ромба, представляющих собой провода, обтекаемые бегущей волной тока:

$$H_x = (H_x^{I} + H_x^{II} + H_x^{III} + H_x^{IV}) \cos\beta + (H_y^{I} + H_y^{II} + H_y^{III} + H_y^{IV}) \sin\beta,$$

$H_y = (- H_x^{I} + H_x^{II} + H_x^{III} + H_x^{IV}) \sin\beta + (H_y^{I} + H_y^{II} + H_y^{III} + H_y^{IV}) \cos\beta,$

$H_z = H_z^{I} + H_z^{II} + H_z^{III} + H_z^{IV},$

где H^{I}, H^{II}, H^{III}, H^{IV} - соответствующие составляющие поля сторон ромба,

$\beta = \pi/2 - Ф$ (Ф - половина тупого угла ромба).

Магнитное поле провода, обтекаемого бегущей волной тока, определяется интегрированием полей горизонтальных элементарных электрических вибраторов по длине провода с учетом функции распределения тока.

3.6. НАПРЯЖЕННОСТЬ ПОЛЯ МНОГОВИБРАТОРНЫХ АНТЕННЫХ СИСТЕМ КИЛО- И ГЕКТОМЕТРОВОГО ДИАПАЗОНОВ

К многовибраторным антеннам кило- и гектометровых диапазонов относятся системы из двух антенн-мачт, антенные системы СВ (2+2), СВ (4+4) и другие. Основой для построения этих систем являются антенны-мачты с нижним, верхним или шунтовым питанием, представляющие собой вертикальные несимметричные вибраторы.

Напряженность магнитного поля (эффективное значение) в любой точке пространства вокруг многовибраторной антенной системы, расположенной над земной поверхностью с реальными электрофизическими параметрами, в цилиндрической системе координат имеет одну составляющую $H\varphi$.

Составляющая $H\varphi$ определяется суммированием соответствующих составляющих от каждой мачты, из которых состоят антенные системы:

$$H\varphi = \sum_{i=1}^{N} H\varphi_i,$$

где $H\varphi i$ - составляющие магнитного поля от каждой мачты,

N - количество антенн-мачт в системе.

$H\varphi$ определяются по методике, приведенной в разделе 1. При этом в расчетах для отдельных вибраторов, входящих в систему, изменяются только их координаты относительно выбранной точки наблюдения.

Режим работы многовибраторных антенных систем, а именно, переключение направлений максимального излучения, обеспечиваются выделением активных и пассивных вибраторов, а также необходимой фазировкой питания при расчетах распределений токов по отдельным вибраторам.

Распределение токов по элементам антенн определяется либо известными методами анализа многовибраторных систем, либо задается таким как на соответствующих одиночных мачтах, из которых состоит многовибраторная антенна.

3.7. НАПРЯЖЕННОСТЬ ПОЛЯ Г- И Т-ОБРАЗНЫХ АНТЕНН

Г- и Т-образные антеннысостоят из вертикальной и горизонтальной излучающих частей.

Напряженность магнитного поля (эффективное значение) в любой точке пространства вокруг этих антенн, расположенных над земной поверхностью с реальными электрофизическими параметрами, в декартовой системе координат имеет три составляющие H_x, H_y, H_z и определяется как

$$H = \sqrt{|H_x|^2 + |H_y|^2 + |H_z|^2}$$

Составляющие H_x, H_y, и H_z определяются суммированием составляющих горизонтальной ($H_{xг}$, $H_{уг}$, $H_{zг}$) и вертикальной ($H_{\varphi в}$) излучающих частей в виде:

$$H_x = H_{xг} + H_{\varphi в} \sin \alpha,$$

$$H_y = H_{уг} + H_{\varphi в} \cos \alpha,$$

$$H_z = H_{zг},$$

где α - угол между составляющей $H_{\varphi в}$ и одной из горизонтальных составляющих $H_{xг}$ или $H_{уг}$.

Составляющие магнитного поля горизонтальной и вертикальной излучающих частей антенн определяются по методикам, приведенным в разделах 1 и 2 соответственно.

Распределение тока на вертикальной части Г- и Т-образных антенн совпадает с распределением на вертикальных симметричных вибраторах нижнего питания с емкостной нагрузкой. Распределение тока на горизонтальной части аналогично распределению на линейном симметричном вибраторе с синфазным питанием плеч.

4. КОНТРОЛЬНЫЕ ВАРИАНТЫ РАСЧЕТА

Для проверки правильности функционирования алгоритмов и программного обеспечения, построенных на основе настоящих методических указаний, ниже приведены результаты расчетов по контрольным вариантамвходящих в САПР ЭО типов антенн.

Реализации алгоритмов могут иметь некоторые непринципиальные отличия. Это относится, например, к точности численного интегрирования, выбору методов решения систем уравнений и методов определения сопротивлений излучения, уточнению распределений токов и так далее. Следует иметь ввиду, что такие отличия могут привести к несовпадению расчетов по контрольным вариантам на 10...20%.

Антенны располагаются либо в декартовой, либо в цилиндрической системах координат. Оси Z обеих систем перпендикулярны поверхности раздела.

Для антенн, расположенных в декартовой системе координат, в контрольных вариантах расчетов приводятся модули всех составляющих поля E_x, E_y, E_z, H_x, H_y, H_z, а также суммарная составляющая напряженности электрического поля $E = \sqrt{|E_x|^2 + |E_y|^2 + |E_z|^2}$ и модуль составляющей $E\varphi$, который определяет характеристику направленности антенн, излучающих в дальнюю зону поля горизонтальной поляризации.

Для антенн, расположенных в цилиндрической системе координат, приводятся модули всех составляющих поля Er, Ez, $H\varphi$ и суммарная составляющая напряженности электрического поля вида

$$E = \sqrt{|Er|^2 + |Ez|^2}.$$

Ориентация антенн определяется установочным азимутом - направлением, от которого отсчитывается азимутальный угол.

Расчетные данные для каждой антенны приведены по всем составляющим на расстоянии 100 м (для системы из 2-х антенн-мачт, СВ (2+2), СВ (4+4), ЛПН и ЛПН2 - 300 м) и высоте 2 м над земной поверхностью в направлении 10^0 от установочного азимута антенн для сухой почвы ($\varepsilon = 3$, $\sigma = 0{,}001$ См/м).

Антенна ВГД 6/10

Вибратор расположен в декартовой системе координат в плоскости XOZ параллельно оси X. Установочный азимут - направление, перпендикулярное оси вибратора, то есть ось Y.

Исходные данные:

- длина плеча вибратора - 6 м,
- высота подвеса - 10 м,
- излучаемая мощность - 10 кВт,
- длина волны - 12 м.

Расчетные значения поля **в В/м:**

- составляющая Ex, В/м 1,608;
- составляющая Ey, В/м 0,303;
- составляющая Ez, В/м 0,034;
- составляющая Hx, мА/м 0,640;
- составляющая Hy, мА/м 3,564;
- составляющая Hz, мА/м 4,358;
- составляющая Eφ, В/м 1,637;
- суммарная составляющая, В/м 1,637.

Антенна УГД 6/10

Вибратор расположен в плоскости, параллельной плоскости X0Y декартовой системы координат. Установочный азимут - биссектриса прямого угла, которая параллельна оси Y.

Исходные данные:

- длина плеча вибратора - 6 м,
- высота подвеса - 10 м,
- излучаемая мощность - 10 кВт,
- длина волны - 12 м.

Расчетные значения поля в В/м:

- составляющая Ex, В/м 0,366;
- составляющая Ey, В/м 0,099;
- составляющая Ez, В/м 0,139;
- составляющая Hx, мА/м 0,379;
- составляющая Hy, мА/м 0,773;
- составляющая Hz, мА/м 0,987;
- составляющая Eφ, В/м 0,371;
- суммарная составляющая, В/м 0,403.

Антенна РГД 65/4.0 1,0 (22)

Антенна расположена в декартовой системе координат вдоль оси X, ось Z проходит через центр антенны. Установочный азимут - продольная ось антенны, то есть ось X.

Исходные данные:

- строительная длина волны - 22 м,
- относительная высота подвеса - 1,
- относительная длина стороны ромба - 4,
- половина тупого угла ромба - 65°,
- коэффициент бегущей волны - 1,
- излучаемая мощность - 100 кВт,
- длина волны 25 м.

Расчетные значения поля в В/м:

- составляющая Ex, В/м 6,786;

- составляющая Ey, В/м 10,201;
- составляющая Ez, В/м 12,326;
- составляющая Hx, мА/м 59,948;
- составляющая Hy, мА/м 30,327;
- составляющая Hz, мА/м 40,597;
- составляющая Eφ, В/м 10,661;
- суммарная составляющая, В /м 17,380.

Антенна СГД 2/4 РН (16)

Активное полотно антенны лежит в плоскости X0Z декартовой системы координат симметрично оси Z. Установочный азимут - направление, перпендикулярное полотну антенны, то есть ось Y.

Исходные данные:

- строительная длина волны - 16 м,
- относительная длина плеча вибратора - 0,41,
- относительное расстояние между секциями - 1,
- относительное расстояние до рефлектора - 0,265,
- относительное растояние между этажами - 0,5,
- относительная высота подвеса 1-го этажа - 1,
- количество этажей вибраторов - 2,
- количество плеч симметричных вибраторов в этаже - 4,
- излучаемая мощность - 100 кВт,
- длина волны - 20 м,
- фаза питания рефлектора - 150°.

Расчетные значения поля в В/м:

- составляющая Ex 22,279 ;
- составляющая Ey 3,765 ;
- составляющая Ez 1,221 ;
- составляющая Hx, мА/м 9,420 ;
- составляющая Hy, мА/м 74,113 ;
- составляющая Hz, мА/м 59,699;
- составляющая Eφ, В/м 22,590 ;
- суммарная составляющая, В/м 22,628 .

Антенна СГД 2/4 РА (16)

Размещение антенны и установочный азимут аналогичны антенне СГД 2/4 РН (16).

Исходные данные:

- строительная длина волны - 16 м,
- относительная длина плеча вибратора - 0,41,
- относительное расстояние между секциями - 1,
- относительное расстояние до рефлектора - 0,265,
- относительное расстояние между этажами - 0,5,

- относительная высота подвеса 1-го этажа - 1,
- количество этажей вибраторов - 2,
- количество плеч симметричных вибраторов - 4,
- излучаемая мощность - 100 кВт,
- длина волны - 20 м.

Расчетные значения поля в В/м:

- составляющая Ex, В/м	15,920;
- составляющая Ey, В/м	2,649;
- составляющая Ez, В/м	0,845;
- составляющая Hx, мА/м	6,661;
- составляющая Hy, мА/м	52,965;
- составляющая Hz, мА/м	42,657;
- составляющая Eφ, В/м	16,135;
- суммарная составляющая, В/м	16,161.

Провод, обтекаемый бегущей волной тока

Провод расположен в плоскости XOZ декартовой системы координат параллельно оси X, точка питания лежит на оси Z. Установочный азимут - ось провода, т.е. ось X.

Исходные данные:

- длина провода - 50 м,
- высота подвеса - 10 м,
- коэффициент бегущей волны - 0,8,
- фаза падающей волны - 0 м,
- фаза отраженной волны - 0 м,
- излучаемая мощность - 10 кВт,
- длина волны - 10 м.

Расчетные значения поля в В/м:

- составляющая Ex	1,537;
- составляющая Ey	7,266;
- составляющая Ez	2,091;
- составляющая Hx, мА/м	11,845;
- составляющая Hy, мА/м	8,625;
- составляющая Hz, мА/м	19,298;
- составляющая Eφ, В/м	7,342;
- суммарная составляющая, В/м	7,716.

Антенна РГ 65/4 1 (22)

Антенна расположена в декартовой системе координат, большая диагональ ромба параллельна оси X, точка питания антенны лежит на оси Z. Установочный азимут - большая диагональ ромба, т.е. ось X.

Исходные данные:

- строительная длина волны - 22 м,

- относительная высота подвеса - 1,
- относительная длина стороны ромба - 4,
- половина тупого угла ромба - 65°,
- коэффициент бегущей волны - 1,
- излучаемая мощность - 100 кВт,
- длина волны - 25 м.

Расчетные значения поля в В/м:

- составляющая Ex	4,201;
- составляющая Ey	20,423;
- составляющая Ez	13,552;
- составляющая Hx, мА/м	50, 931;
- составляющая Hy, мА/м	34,818;
- составляющая Hz, мА/м	38,671;
- составляющая Eφ, В/м	19,722;
- суммарная составляющая, В/м	24,868.

Наклонный несимметричный вибратор

Вибратор расположен в плоскости YOZ декартовой системы координат, наклонен в сторону положительного направления оси Y, точка питания лежит на оси Z. Установочный азимут - ось Y.

Исходные данные:

- длина плеча вибратора - 6 м,
- высота расположения точки питания - 10 м,
- излучаемая мощность - 10 кВт,
- длина волны - 12 м,
- угол наклона вибратора к горизонту - 60°.

Расчетные значения поля в В/м:

- составляющая Ex	0,025;
- составляющая Ey	0,351;
- составляющая Ez	0,867;
- составляющая Hx, мА/м	3,957;
- составляющая Hy, мА/м	0,445;
- составляющая Hz, мА/м	0,103;
- составляющая Eφ, В/м	0,039;
- суммарная составляющая, В/м	0,935.

Наклонный симметричный вибратор

Размещение антенны и установочный азимут аналогичны наклонному симметричному вибратору.

Исходные данные:

- длина плеча вибратора - 6 м,
- высота расположения точки питания - 10 м,
- излучаемая мощность - 10 кВт,

- длина волны - 12 м,
- угол наклона вибратора к горизонту - 60°.

Расчетные значения поля в В/м:

- составляющая Ex	0,137;
- составляющая Ey	0,992;
- составляющая Ez	2,585;
- составляющая Hx, мА/м	7,547;
- составляющая Hy, мА/м	1,050;
- составляющая Hz, мА/м	0,353;
- составляющая Eφ, В/м	0,133;
- суммарная составляющая, В/м	2,772.

Вертикальный несимметричный вибратор

Вибратор расположен в цилиндрической системе координат вдоль оси Z.

Исходные данные:

- длина плеча вибратора - 6 м,
- высота расположения точки питания - 10 м,
- излучаемая мощность - 10 кВт,
- длина волны - 12 м.

Расчетные значения поля в В/м:

- составляющая Ez, В/м	3,129;
- составляющая Er, В/м	1,169;
- составляющая Hφ, мА/м	8,841;
- суммарная составляющая, В/м	3,341.

Вертикальный симметричный вибратор

Вибратор расположен в цилиндрической системе координат вдоль оси Z.

Исходные данные:

- длина плеча вибратора - 6 м,
- высота расположения точки питания - 10 м,
- излучаемая мощность - 10 кВт,
- длина волны - 12 м.

Расчетные значения поля в В/м:

- составляющая Ez, В/м	3,687;
- составляющая Er, В/м	1,329;
- составляющая Hφ, мА/м	10,540;
- суммарная составляющая, В/м	3,919.

Изотропный излучатель

Исходные данные:

- высота подвеса - 10 м,

- излучаемая мощность - 10 кВт,
- длина волны - 12 м.

Расчетные значения поля:

- электрическое поле, В/м 7,363;
- магнитное поле, мА/м 0,020.

Антенна-мачта нижнего питания

Вибратор расположен в цилиндрической системе координат вдоль оси Z.

Исходные данные:

- длина волны - 400 м,
- высота мачты - 100 м,
- излучаемая мощность - 100 кВт.

Расчетные значения поля в В/м:

- составляющая Ez, В/м 17,402;
- составляющая Er, В/м 5,519;
- составляющая Hφ, мА/м 79,069;
- суммарная составляющая, В/м 18,257.

Антенна-мачта верхнего питания

Вибратор расположен в цилиндрической системе координат вдоль оси Z.

Исходные данные:

- длина волны - 400 м,
- высота мачты - 100 м,
- излучаемая мощность - 100 кВт,
- радиус емкостной нагрузки - 15 м,
- волновое сопротивление антенны - 100 Ом.

Расчетные значения поля в В/м:

- составляющая Ez, В/м 10,278;
- составляющая Er, В/м 3,260;
- составляющая Hφ, мА/м 46,692;
- суммарная составляющая, В/м 10,782.

Антенна-мачта шунтового питания

Вибратор расположен в цилиндрической системе координат вдоль оси Z.

Исходные данные:

- длина волны - 400 м,
- высота мачты - 100 м,
- излучаемая мощность - 100 кВт.

Расчетные значения поля **в В/м:**

- составляющая Ez, В/м 17,402;
- составляющая Er, В/м 5,519;
- составляющая Hφ, мА/м 79,069;
- суммарная составляющая, В/м 18,257.

Антенна с регулируемым распределением тока

Вибратор расположен в цилиндрической системе координат **вдоль** оси Z.

Исходные данные:

- длина волны - 400 м,
- высота нижней части мачты - 80 м,
- высота верхней части мачты - 120 м,
- излучаемая мощность - 100 кВт,
- волновое сопротивление нижней части антенны - 100 Ом,
- волновой сопротивление короткозамкнутого шлейфа регулировки - 100 Ом,
- длина короткозамкнутого шлейфа регулировки - 50 м.

Расчетные значения поля в В/м:

- составляющая Ez, В/м 1,470;
- составляющая Er, В/м 1,009;
- составляющая Hφ, мА/м 14,677;
- суммарная составляющая, В/м 1,783.

Система из двух антенн-мачт

Антенна расположена в цилиндрической системе координат, ось Z параллельна вибраторам и лежит с ними в одной плоскости. Установочный азимут - направление на первый вибратор.

Исходные данные:

- длина волны - 400 м,
- высота мачт - 200 м,
- мощность, излучаемая первой мачтой - 100 кВт,
- мощность, излучаемая второй мачтой - 0 кВт,
- расстояние между мачтами - 70 м.

Расчетные значения поля в В/м:

- составляющая Ez, В/м 12,347;
- составляющая Er, В/м 2,825;
- составляющая Hφ, мА/м 38,172;
- суммарная составляющая, В/м 12,666.

Антенная система СВ (2+2)

Антенна расположена в цилиндрической системе координат, ось Z параллельна вибраторам и проходит через геометрический центр ан-

тенны. Установочный азимут - **направление на первый** и второй вибраторы.

Исходные данные:

- длина волны - 400 м,
- высота мачт - 200 м,
- мощность, излучаемая первой мачтой - 100 кВт,
- мощность, излучаемая второй мачтой - 100 кВт,
- мощность, излучаемая третьей мачтой - 0 кВт,
- мощность, излучаемая четвертой мачтой - 0 кВт,
- расстояние между активным и пассивным рядом **мачт - 70 м,**
- расстояние между мачтами в ряду - 70 м.

Расчетные значения поля в В/м:

- составляющая Ez, В/м 13,019;
- составляющая Er, В/м 2,955;
- составляющая Hφ, мА/м 39,924;
- суммарная составляющая, В/м 13,350.

Антенная система СВ (4+4)

Антенна расположена в цилиндрической системе координат, ось Z параллельна вибраторам и проходит через геометрический центр антенны. Установочный азимут - направление на ряд активных вибраторов с 1-го по 4-ый.

Исходные данные:

- длина волны - 400 м,
- высота мачт - 160 м,
- мощность, излучаемая первой мачтой - 100 кВт,
- мощность, излучаемая второй мачтой - 100 кВт,
- мощность, излучаемая третьей мачтой - 100 кВт,
- мощность, излучаемая четвертой мачтой - 100 кВт,
- мощность, излучаемая пятой мачтой - 0 кВт,
- мощность, излучаемая шестой мачтой - 0 кВт,
- мощность, излучаемая седьмой мачтой - 0 кВт,
- мощность, излучаемая восьмой мачтой - 0 кВт,
- расстояние между активным и пассивным рядом мачт - 75 м,
- расстояние между мачтами в ряду - 110 м,
- угол поворота диаграммы направленности - 0^0.

Расчетные значения поля в В/м:

- составляющая Ez, В/м 16,936;
- составляющая Er, В/м 3,545;
- составляющая Hφ, мА/м 48,165;
- суммарная составляющая, В/м 17,303.

Г-образная антенна

Антенна расположена в плоскости XOZ декартовой системы координат, вертикальная часть лежит на оси Z, а горизонтальная параллельна оси X. Установочный азимут - направление, перпендикулярное горизонтальной части антенны, т.е. ось Y.

Исходные данные:
- длина волны - 400 м,
- излучаемая мощность - 100 кВт,
- длина вертикальной части - 35 м,
- высота подвеса вертикальной части - 0 м,
- волновое сопротивление вертикальной части - 250 Ом,
- длина плеча горизонтальной части - 32 м,
- волновое сопротивление горизонтальной части - 280 Ом.

Расчетные значения поля в В/м:
- составляющая Ex, В/м 1,157;
- составляющая Ey, В/м 4,165;
- составляющая Ez, В/м 13,017;
- составляющая Hx, мА/м 61,887;
- составляющая Hy, мА/м 6,439;
- составляющая Hz, мА/м 1,787;
- составляющая Eφ, В/м 0,442;
- суммарная составляющая, В/м 13,716.

Т-образная антенна

Антенна расположена в плоскости XOZ декартовой системы координат симметрично оси Z. Установочный азимут - направление, перпендикулярное горизонтальной части антенны, т.е. оси Y.

Исходные данные:
- длина волны - 400 м,
- излучаемая мощность - 100 кВт,
- длина вертикальной части - 35 м,
- высота подвеса вертикальной части - 0 м,
- волновое сопротивление вертикальной части - 250 Ом,
- длина плеча горизонтальной части - 32 м,
- волновое сопротивление горизонтальной части - 280 Ом.

Расчетные значения поля в В/м:
- составляющая Ex, В/м 0,674;
- составляющая Ey, В/м 3,745;
- составляющая Ez, В/м 11,563;
- составляющая Hx, мА/м 55,126;
- составляющая Hy, мА/м 9,640;
- составляющая Hz, мА/м 0,098;

- составляющая Eφ, В/м 0,017;
- суммарная составляющая, В/м 12,173.

Антенна ЛПН

Антенна расположена в декартовой системе координат. Вибраторы параллельны плоскости XOY, собирательная линия лежит в плоскости YOZ, ось Z проходит через середину самого длинного вибратора. Установочный азимут - ось Y.

Исходные данные:
- длина волны - 50 м,
- излучаемая мощность - 20 кВт,
- количество вибраторов в полотне - 22,
- длина плеча самого длинного вибратора - 25 м,
- высота подвеса вершины полотна - 2 м,
- волновое сопротивление собирательной линии - 300 Ом,
- угол раскрыва антенны - 11,5°,
- угол наклона антенны к горизонту - 30°
- период решетки - 0,88.

Расчетные значения поля в В/м:
- составляющая Ex, В/м 0,754;
- составляющая Ey, В/м 0, 196;
- составляющая Ez, В/м 0,104;
- составляющая Hx, мА/м 0,962;
- составляющая Hy, мА/м 4,105;
- составляющая Hz, мА/м 2,077;
- составляющая Eφ, В/м 0,776;
- суммарная составляющая, В/м 0,786.

Антенна ЛПН2

Антенна расположена в декартовой системе координат. Вибраторы параллельны плоскости XOY, ось симметрии антенны лежит в плоскости YOZ. Установочный азимут - ось Y.

Исходные данные:
- длина волны - 50 м,
- излучаемая мощность - 20 кВт,
- количесиво вибраторов в полотне - 22,
- длина самого длинного вибратора - 25 м,
- высота подвеса вершины полотна - 2 м,
- волновое сопротивление собирательной линии - 300 Ом,
- расстояние от вершины до оси симметрии - 2 м,
- угол между внутренней образующей и осью симметрии - 5°,
- угол между внешней образующей и осью симметрии - 28°,

- угол наклона антенны к горизонту - 30°,
- период решетки - 0,88.

Расчетные значения поля в В/м:

- составляющая Ex, В/м 0,891;
- составляющая Ey, В/м 0,216;
- составляющая Ez, В/м 0,107;
- составляющая Hx, мА/м 1,067;
- составляющая Hy, мА/м 4,910;
- составляющая Hz, мА/м 2,458;
- составляющая Eφ, В/м 0,915;
- суммарная составляющая, В/м 0,923.

Антенна ЛПВ

Антенна расположена в плоскости YOZ декартовой системы координат, ось Z проходит через самый длинный вибратор. Установочный азимут - ось Y.

Исходные данные:

- длина волны - 50 м,
- излучаемая мощность - 20 кВт,
- количество вибраторов в полотне - 22,
- длина плеча самого длинного вибратора - 25 м,
- высота подвеса вершины полотна - 2 м,
- волновое сопротивление собирательной линии - 300 Ом,
- угол наклона верхней образующей к горизонту - 22,7°,
- угол наклона нижней образующей к горизонту - 0°,
- период решетки - 0,88.

Расчетные значения поля в В/м:

- составляющая Ez, В/м 31,498;
- составляющая Er, В/м 14,981;
- составляющая Hφ, мА/м 106,448;
- суммарная составляющая, В/м 34,879.

Антенна зенитного излучения (АТЗИ)

Антенна расположена в плоскости, параллельной плоскости XOY декартовой системы координат, ось Z проходит через центр антенны. Установочный азимут - ось Y, которая проходит через проекции точек питания вибраторов 1 и 3 на плоскость XOY.

Исходные данные:

- режим возбуждения антенны - квадратурный,
- строительная длина волны - 70 м,
- излучаемая мощность - 100 кВт,
- относительная длина плеч вибраторов - 0,43,
- относительное расстояние между центрами вибраторов - 0,44,

- относительная высота подвеса 1-го и 3-го вибраторов - 0,2,
- относительная высота подвеса 2-го и 4-го вибраторов - 0,24,
- длина волны - 50 м,
- относительная длина шлейфа - 0,25,
- направление вращения плоскости поляризации - против часовой стрелки.

Расчетные значения поля в В/м:

- составляющая Ex, В/м	1,810;
- составляющая Ey, В/м	0,954;
- составляющая Ez, В/м	2,371;
- составляющая Hx, мА/м	5,346;
- составляющая Hy, мА/м	9,640;
- составляющая Hz, мА/м	8,471;
- составляющая Eφ, В/м	5,216;
- суммарная составляющая, В/м	3,132.

5. МЕТОДИКА ИЗМЕРЕНИЙ УРОВНЕЙ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ПОЛЯ

Инструментальный контроль уровней ЭМП проводится с целью определения фактического состояния электромагнитной обстановки в районах размещения излучающих средств и служит средством оценки достоверности результатов расчета.

Измерения проводятся:

- на этапе предупредительного санитарного надзора - при приемке радиотехнического объекта (РТО) в эксплуатацию;

- на этапе текущего санитарного надзора - при изменении технических характеристик или режимов работы (мощности излучения, антенно-фидерного тракта, направлений излучения и т.п.);

- при изменении ситуационных условий размещения станций (изменение расположения антенн, высот их установки, азимута или угла места максимального излучения, застройки прилегающих территорий);

- после проведения защитных мероприятий, направленных на снижение уровней ЭМП;

- в порядке плановых контрольных измерений (не реже одного раза в год).

5.1. ПОДГОТОВКА К ПРОВЕДЕНИЮ ИЗМЕРЕНИЙ

При подготовке к проведению измерений проводятся следующие работы:

- согласование с заинтересованными предприятиями и организациями цели, времени и условий проведения измерений;

- рекогносцировка района проведения измерений; - выбор трасс (маршрутов) и площадок измерений, при этом, число трасс определяется рельефом местности, прилегающей к объекту, и целью измерений;

- организация связи для обеспечения взаимодействия между персоналом станции и группой измерений;

- обеспечение измерений дальности до точки измерений;

- ределение необходимости использования средств индивидуальной защиты;

- подготовка необходимой измерительной аппаратуры.

5.2. ВЫБОР ТРАСС (МАРШРУТОВ) ИЗМЕРЕНИЙ

Число трасс определяется рельефом окружающей местности и целью измерений. При установлении границ СЗЗ выбирается несколько трасс, определяемых по конфигурации теоретических границ СЗЗ и при-

легающей селитебной зоны. При текущем санитарном надзоре, когда характеристики станции и условия ее эксплуатации остаются неизменными, измерения могут производиться по одной характерной трассе или по границе СЗЗ.

При выборе трасс учитывается характер прилегающей местности (рельеф, растительный покров, застройка и пр.), в соответствии с которым, район, прилегающий к станции, разбивается на секторы. В каждом секторе выбирается радиальная, относительно станции, трасса. К трассе предъявляются требования:

- трасса должна быть открытой, а площадки, на которых намечается проведение измерений, должны иметь прямую видимость на антенну излучающего средства;

- вболь трассы, в пределах главного лепестка ДН, не должно быть переизлучателей (металлических конструкций и сооружений, линий электропередачи и т.п.) и других затеняющих местных предметов;

- наклон трассы должен быть минимальным по сравнению с наклоном всех возможных трасс в данном секторе;

- трасса должна быть доступной для пешего передвижения или для автотранспорта;

- протяженность трассы определяется на основе расчетного удаления границ СЗЗ и глубины зоны ограничения застройки (в 1,5 - 2 раза больше);

- точки (площадки) для проведения измерений следует выбирать с интервалом не более 25 м - при удалении до 200-300 м от излучающей антенны; 50-100 м - при удалении от 200-300 м до 500-1000 м; 100 м и более - при удалении более 1000м.

При выборе площадок для проведения измерений следует учесть, чтобы в радиусе до 10 м отсутствовали местные предметы и из любой ее точки обеспечивалась прямая видимость на излучающую антенну.

Измерения следует проводить в точках близких к границе зоны, как внутри зоны, так и вне ее. Интервал между точками измерений выбирается, исходя из местных условий.

5.3. ПРОВЕДЕНИЕ ИЗМЕРЕНИЙ

Измерения уровней напряженности магнитного поля должны проводиться с помощью измерителей напряженности поля типа NFM-1, которыми оснащены метрологические службы радиотехнических объектов и санитарно-эпидемиологических станций. Контроль уровней поля может осуществляться также приборами типа ПЗ-15 и ПЗ-17. Измерительные комплекты должны быть исправными и иметь действующее свидетельство о государственной проверке.

В выбранных точках на высоте 2 м от поверхности земли, путем соответствующей ориентации антенны прибора проводятся измерения всех составляющих вектора напряженности магнитного поля каждой антен-

ны (в зависимости от излучаемой поляризации измеряются составляющие Hx, Hy, Hz или Hφ) и рассчитывается значение модуля вектора напряженности поля в соответствии с формулами раздела 3. Приборы типа ПЗ-15 - ПЗ-17 имеют изотропную антенну и измеряют сразу модуль вектора напряженности магнитного поля.

Измерения уровней напряженности магнитного поля проводятся в каждой намеченной точке от каждой отдельно излучающей антенны. То есть, должно быть предусмотрено последовательное включение и измерение уровней напряженности поля от каждой из антенн РТО, работающих в данном направлении или оказывающих влияние на суммарное значение напряженности поля в данной точке (определяется по результатам расчета санитарных зон и оценки вклада каждой антенны РТО). Обработка данных измерений напряженности поля проводится в соответствии с формулой:

$$H = \sqrt{H^2_1 + H^2_2 + ... + H^2_n}$$

где, H - суммарная напряженность поля определенного частотного диапазона;

$H_1, H_2, ..., H_n$ - напряженность поля, создаваемая каждым источником в одном частотном диапазоне.

Построение границ санитарных зон производится в соответствии с формулой:

$$\left(\frac{Hнч}{Hпду_{нч}}\right)^2 + \left(\frac{Hсч}{Hпду_{сч}}\right)^2 + \left(\frac{Hвч}{Hпду_{вч}}\right)^2 \le 1$$

где: Hнч, Hсч, Hвч - расчетные суммарные значения напряженности поля НЧ, СЧ, и ВЧ диапазонов,

$Hпду_{нч}$, $Hпду_{сч}$, $Hпду_{вч}$ - предельно допустимые уровни напряженности поля соответственно НЧ, СЧ, и ВЧ диапазонов.

Инструментальный контроль зон ограничений застройки не производится.

При проведении измерений вблизи переотражающих конструкций измерительную антенну следует располагать на расстоянии не менее 0,5 м от этих конструкций.

Измерения уровней компонент электрической составляющей электромагнитного поля без последовательного включения и выключения технических средств радиотехнического объекта могут быть проведены с использованием комплекта из селективного измерительного приемника типа SMV-11 и специально разработанной для этих целей Самарским отраслевым НИИ радио малогабаритной антенной типа «ОРТ-М», имеющей в рабочей полосе частот развязку по поляризации измеряемых компонент не менее 30 дБ. Комплект позволяет измерять компоненты вектора магнитной составляющей поля от каждого технического средства в пределах от 0,1 до 200 В/м.

Для измерения дальности от условного центра антенного поля или от центра контролируемой антенны могут использоваться: план (карта) местности, мерная лента, теодолит и другие доступные средства, обеспечивающие достаточную точность.

По результатам измерений составляется протокол. Результаты измерений распределения уровней напряженности магнитного поля вносятся в санитарный паспорт РТО и служат основанием для уточнения границы санитарно-защитной зоны объекта, а также для определения участков территории, подверженных вторичному излучению. Такими участками являются места с уровнем поля, превышающим предельно допустимый, вблизи переизлучающих предметов: ЛЭП, линий связи и пр.

gost.e-ecolog.ru