

МЕТОДИКА РАСЧЕТА И ПОСТРОЕНИЯ САНИТАРНО-ЗАЩИТНОЙ ЗОНЫ И ЗОНЫ ОГРАНИЧЕНИЯ ЗАСТРОЙКИ АНТЕННЫ БАЗОВОЙ СТАНЦИИ МОБИЛЬНОЙ СВЯЗИ

В работе приведена методика расчета и построения санитарно-защитных зон (СЗЗ) и зон ограничения застройки (ЗОЗ) антенны базовой станции (БС) мобильной связи стандарта GSM с целью определения границ биологически безопасных зон для человека. В качестве примера выполнены расчеты и построение СЗЗ и ЗОЗ для БС типа KATHREIN 739632. Установлено, что полученные СЗЗ и ЗОЗ, с размерами радиусов 70 м и 76 м соответственно, по своей конфигурации совпадают с нормированными диаграммами направленности данной антенны.

Ключевые слова: антенна базовой станции, санитарно-защитная зона, зона ограничения застройки, предельно допустимый уровень.

BONDARENKO O.V., STEPANOVA L.I.
Odessa national O.S. Popov academy of telecommunications

TECHNIQUE OF CALCULATION AND CONSTRUCTION OF SANITARY PROTECTION ZONE AND LIMITS BUILDING ZONE OF BASE STATION ANTENNA OF MOBILE COMMUNICATION

The paper shows the method of calculation and construction of sanitary protection zone (SPZ) and limits building zone (LBZ) of mobile communication with standard GSM for antenna base station (BS) in order to determine the boundaries of a biologically safe zones for humans. As an example, calculations and construction of the SPZ and LBZ for BS type KATHREIN 739632 are done. It was found that the obtained SPZ and LBL, with the radiuses of 70 m and 76 m respectively, in their configuration coincide with the normalized antenna diagrams of the antenna.

Keywords: base station antenna, the sanitary protection zone, the limits building zone, maximum permissible level.

Введение

В связи с интенсивным развитием и повсеместным использованием средств мобильной связи для соблюдения норм экологической безопасности все актуальнее становится задача ограничения влияния электромагнитного излучения на жизнедеятельность человека. Вопросы охраны здоровья населения от влияния электромагнитного излучения предполагают проведение санитарного надзора за источниками этих излучений [1]. С этой целью для прогнозирования и оценки состояния электромагнитной обстановки в местах расположения излучающих объектов мобильной связи (в первую очередь, базовых станций) необходимо проводить определение уровня электромагнитного поля (ЭМП), которое должно соответствовать указанному в [1] предельному значению и определять так называемые санитарно-защитную зону и зону ограничения застройки. Таким образом, для соблюдения требований электромагнитной экологии на этапе проектирования базовых станций мобильной связи требуется проводить предварительный (прогнозируемый) расчет СЗЗ и ЗОЗ вблизи антенн БС [2].

Постановка задачи, анализ исследований и публикаций

Однако, от недавнего времени, согласно [3], на Украине БС перестали относиться к объектам, которые создают повышенную экологическую опасность. Это вносит ряд несогласованностей между требованиями существующих нормативных документов, например [1, 2, 7]. Это вызывает необходимость дополнительного исследования биологически безопасных зон для человека.

В настоящее время, в существующих на Украине государственных санитарных нормах и правилах [1], приведены нормы гранично-допустимого уровня ЭМП и требования по организации СЗЗ и ЗОЗ радиочастотных объектов. Однако, методики расчета этих уровней ЭМП и зон в [1] отсутствуют, а приведены лишь ссылки на созданные в 80-х годах методические указания [2]. В данных указаниях в общем виде представлены пути решения данной задачи, однако отсутствует методика проведения анализа расчета и построения границ СЗЗ и ЗОЗ вблизи антенн БС в зависимости от излучаемой мощности, типа и высоты антенны, рельефа местности и др.

В ряде работ, например [4, 5, 6], были проведены исследования структуры ЭМП антенн, которые показали, что зависимости, характеризующие пространственное распределение плотности потока энергии (ППЭ) на границе ближней зоны отличаются существенно. Совпадение этих зависимостей наступает при расстояниях в пять и более раз, превышающих границу ближней зоны. При этом наблюдалось превышение максимального уровня ППЭ, рассчитанного по упрощенной методике, на 1,8 дБ в разных направлениях. Это требует усовершенствования методики оценки ППЭ вблизи антенны БС для внесения корректив в расчет границ СЗЗ и ЗОЗ.

Цель работы

Целью данной работы является обоснование методики расчета и построения СЗЗ и ЗОЗ антенны базовой станции мобильной связи, а также ее усовершенствование за счет учета особенностей расчета ППЭ ЭМП в различных зонах антенны БС.

**Определение СЗЗ и ЗОЗ антенны БС мобильной связи,
и усовершенствование методики их расчета**

Согласно государственным санитарным нормам и правилам защиты населения от влияния электромагнитных излучений, санитарно-защитной зоной считается территория, где на высоте до 2 м от поверхности земли превышаются предельно допустимые уровни электромагнитного поля. Предельно допустимый уровень (ПДУ) электромагнитного поля, которое создают антенны базовых станций, устанавливался: по величине ППЭ - 2,5 мкВт/см² и 3 В/м по величине напряженности ЭМП.

Санитарно-защитная зона, как правило, прилегает к технической территории радиотехнического объекта. Внешняя граница санитарно-защитной зоны определяется на высоте до 2 м от поверхности земли по предельно допустимым уровням электромагнитного поля.

Зоной ограничения застройки является территория, где на высоте более 2-х м от поверхности земли превышаются ПДУ ЭМП. Внешняя граница зоны ограничения определяется по максимальной высоте зданий перспективной застройки, на уровне верхнего этажа которых ПДУ электромагнитного поля не превышают значений действующих нормативов.

Согласно [2] СЗЗ и ЗОЗ устанавливаются конкретно в каждом отдельном случае, размеры их зависят от действующих нормативов, суммарной мощности радиотехнического объекта (РТО), типа и высоты антенны, рельефа местности и других характеристик. Построение СЗЗ и ЗОЗ базируется на расчете распределения уровней ЭМП по дальности и высоте установления антенн БС. По методике производится расчет уровней ЭМП в зависимости от горизонтальной дальности для нескольких значений высот расчётной точки. При этом необходимо выбрать несколько значений высот, одно из которых должно быть равно 2 м.

Использование двух различно нормируемых диапазонов в мобильной связи часто обуславливает особенность расчета и построения СЗЗ и ЗОЗ. Эта особенность заключается в том, что границы этих зон определяются по $S_{омн}$ - сумме отношений напряженностей и ППЭ ЭМП к ПДУ, приравненная к единице. Согласно [2] $S_{омн}$ определяется по выражению

$$S_{омк}(H_k, r_j) = \left(\frac{E_{k,ij}}{ПДУ_E}\right)^2 + \frac{ППЭ_{kj}}{ПДУ_э} = 1, \quad (1)$$

где $S_{омн}(H_k, r_j)$ - отношение на H_k -й высоте и на r_j -й горизонтальной дальности; $E_{k,ij} = \sqrt{\sum_{i=1}^n E_{ij}^2}$ - результирующие значения электрической составляющей напряженности ЭМП, создаваемого несколькими радиостанциями, используемые частоты которых принадлежат одному нормируемому диапазону, В/м; E_{ij} - расчётное значение напряжённости ЭМП, создаваемое i -ой станцией и j -ой точке дальности, В/м; $ПДУ_E$ - предельно-допустимый уровень ЭМП по электрической составляющей, В/м; $ПДУ_э$ - предельно-допустимый уровень поверхностного потока плотности энергии, мкВт/см³; $ППЭ_{kj}$ - расчетное значение поверхностного потока плотности энергии на H_k -й высоте в j -ой точке дальности, мкВт/см³; i - индекс суммирования по числу станций; n - число антенн базовой станции; j - индекс, определяющий порядковый номер расчетной точки по дальности; k - индекс, определяющий порядковый номер расчётной точки по высоте.

Вся методика построения СЗЗ и ЗОЗ базируется на расчете и анализе распределения предельно-допустимого уровня электромагнитного поля в соответствии с выражением

$$E = \frac{\sqrt{30 P G_0 \eta_{АФГ}}}{R} K_\phi F(\Delta) F(\varphi) K_r, \quad (2)$$

где E – напряженность электрического поля, В/м; P — мощность на входе антенно-фидерного тракта, Вт; G_0 — коэффициент усиления антенны базовой станции относительно изотропного излучателя; $\eta_{АФГ}$ — коэффициент потерь в антенно-фидерном тракте; R — расстояние от геометрического центра антенны до расчетной точки, м; $F(\Delta)$, $F(\varphi)$ — диаграмма направленности (ДН) антенны в вертикальной и горизонтальной плоскостях; Δ — угол между направлением на расчетную точку и плоскостью горизонта; K_ϕ , K_r — коэффициент, учитывающий влияние земли (влияние отражающих поверхностей в условиях городской застройки) и коэффициент, учитывающий неравномерность ДН в горизонтальной плоскости, соответственно.

Для определения границ СЗЗ и ЗОЗ воспользуемся методикой [2], согласно которой, по расчетным данным для каждого значения выбранных высот строится зависимость $S_{омн}$ при постоянных значениях H_k . На полученном графике, пример которого показан на рис. 1, проводится прямая, параллельная оси абсцисс через точку $S_{омн} = 1$.

Из точек пересечения этой прямой с кривыми графика H_k (точки 1, 2, 3) опускаются перпендикуляры на ось дальностей и определяются дальности r_1, r_2, r_3 для соответствующих значений

высот H_1, H_2, H_3 . По данным H_k и r_j строится зависимость $H_k = f(r_j)$ (рис.2).

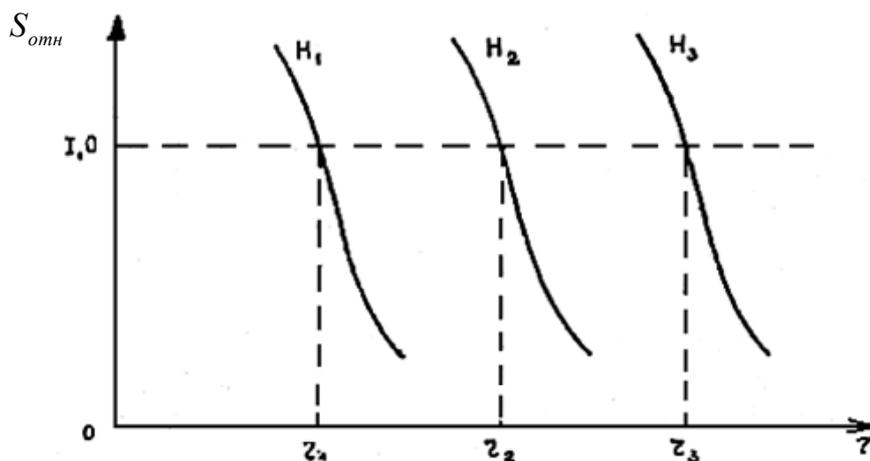


Рис. 1. Зависимость $S_{отн}$ ($H_k = const \cdot r_j$)

На уровне высоты $H = 2$ м графика $H_k = f(r_j)$ определяется дальность границ СЗЗ. Затем по заданной высоте перспективной застройки $H_{застр}$ определяется дальность границы ЗОЗ (рис.2).

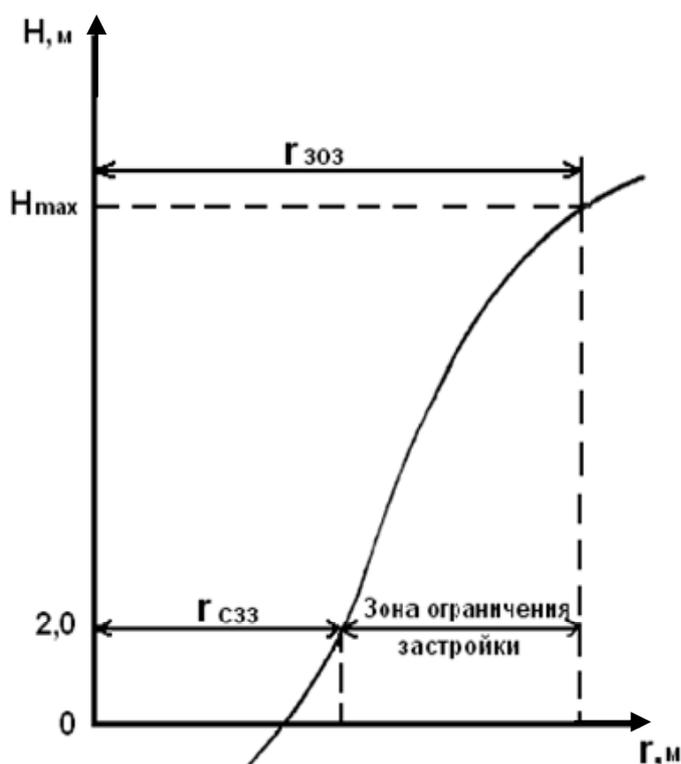


Рис. 2. Определение удалений границ СЗЗ и ЗОЗ

Если уровни ЭМП рассчитаны без учета рельефа местности, т.е. высоты H_1 отсчитывались от уровня горизонта, проведенного через основные опоры, методика определения $S_{отн}$ и зависимости $H_k = f(r_j)$ остаётся такой же как приведено выше. Однако определение дальности границ СЗЗ и ЗОЗ производится следующим путём. На график $H_k = f(r_j)$ построения без учета рельефа, достраивается профиль местности, для которого проведён расчет уровней ЭМП. Определение дальности границ СЗЗ и ЗОЗ производится относительно кривой, которая отображает профиль местности (рис.3).

Определение границ СЗЗ и ЗОЗ проводится в направлении максимального и минимального излучений, а также в других направлениях с учетом диаграмм направленности антенны в горизонтальной плоскости. По расчетным данным вокруг РТО строятся границы СЗЗ и ЗОЗ для заданной высоты

перспективной застройки (рис. 4).

На сегодняшний день существует огромное количество компаний-производителей базовых станций. Наибольшей популярностью в нашей стране пользуются антенны базовых станций типа KATHREIN.

На основе вышеприведенной методики в данной работе были рассчитаны границы СЗЗ и ЗОЗ антенны БС Kathrein 739632. В расчетах были использованы: подводенная мощность к антенне 20 Вт, коэффициент усиления антенны 32 дБ, высота подвеса антенны 30 м. Определение радиусов СЗЗ и ЗОЗ было выполнено без учета рельефа местности.

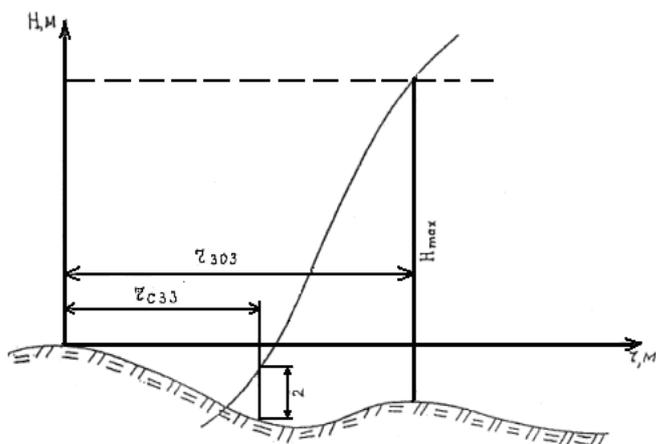


Рис. 3. Учёт рельефа местности при определении дальности границ СЗЗ и ЗОЗ

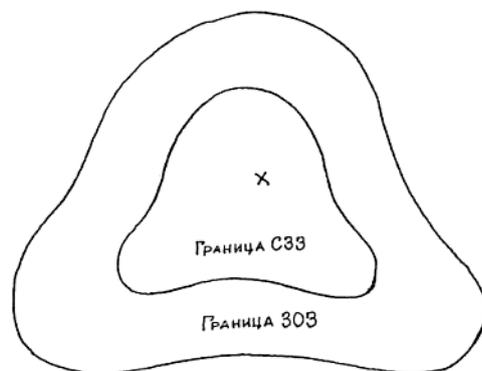


Рис. 4. Пример границ СЗЗ и ЗОЗ с учетом ДН и перспективы настройки

В программной среде FEKO 5.4 была построена модель антенны Kathrein и определены ее электродинамические свойства, а именно диаграммы направленности в вертикальной и горизонтальной плоскостях.

Используя положения методики, а также рассчитанные значения напряженности электромагнитного поля по формуле (2), были определены значения радиусов СЗЗ и ЗОЗ для данной антенны (рис. 5).

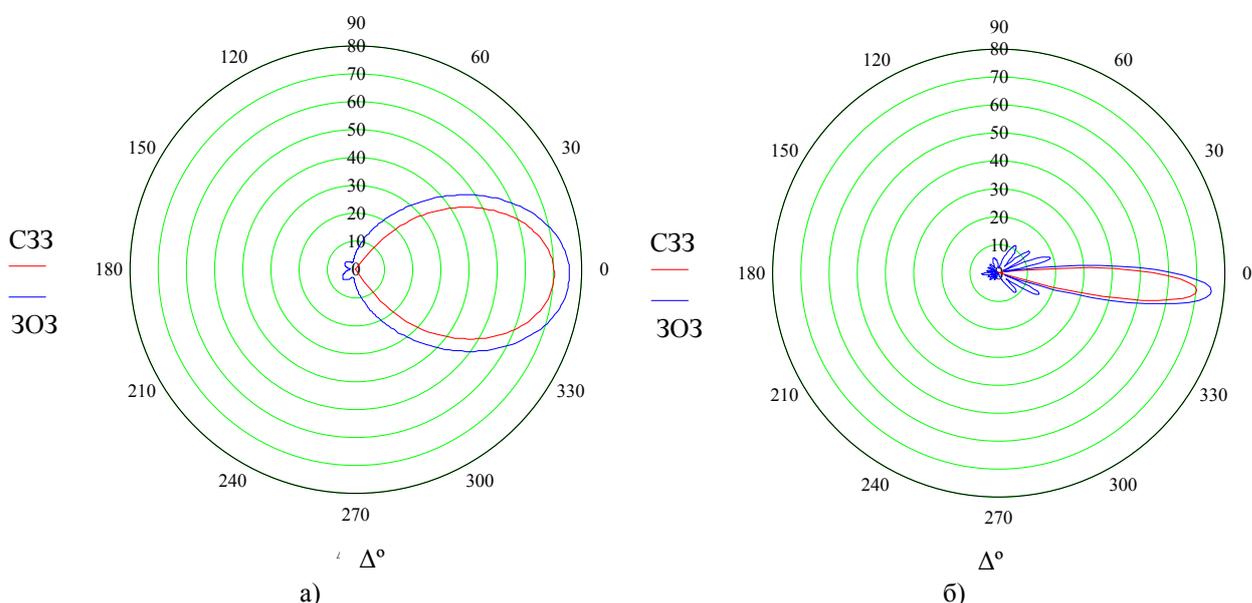


Рис. 5. Санитарно-защитная зона и зона ограничения застройки в горизонтальной (а) и вертикальной (б) плоскости

На рис. 5 изображены красной линией – СЗЗ и синей – ЗОЗ в разных плоскостях, рассчитанные по приведенной методике для антенны базовой станции, находящейся в центре полярной системы координат.

Выводы

Согласно представленным рисункам, а также проведенным обобщением результатов численного моделирования можно сделать следующие выводы:

1) в работе приведена методика расчета и построения СЗЗ и ЗОЗ антенны БС типа KATHREIN 739632, мобильной связи стандарта GSM 900 с целью определения границ биологически безопасных зон для человека.

2) проведенный анализ и расчеты границ СЗЗ и ЗОЗ позволили установить:

- в основе методики лежит сравнение расчетных значений напряженности ЭМП и ПДУ

напряженности ЭМП, а также расчетных значений ППЭ и ПДУ ППЭ.

- полученные СЗЗ и ЗОЗ, с размерами радиусов 70 м и 76 м соответственно, по своей конфигурации совпадают с нормированными диаграммами направленности данной антенны;
- в рамках данной методики нет возможности учитывать влияние близлежащих объектов и других БС.

3) приведенная в данной работе методика определения СЗЗ и ЗОЗ БС мобильной связи требует дальнейшего исследования, а именно проведение анализа и установление ряда зависимостей величины границ СЗЗ и ЗОЗ от параметров антенны.

Литература

1. Державні санітарні норми і правила захисту населення від впливу електромагнітних випромінювань № 239 від 1.08.96 р. – Київ, 1996.
2. Методичні вказівки щодо визначення рівнів електромагнітного поля і меж санітарно-захисної зони і зони обмеження забудови в місцях розміщення засобів телебачення та ЧМ-радіомовлення: № 3860-85. — М.: МОЗ СРСР, 1985. – 36 с.
3. Постанова КМУ № 1160 від 30.12.15. «Про внесення зміни до пункту 26 переліку видів діяльності та об'єктів, що становлять підвищену екологічну небезпеку» - Київ, 2015.
4. Проценко М.Б. Исследование пространственно-временного изменения плотности потока энергии в ближней зоне передающих антенн / М.Б. Проценко, Л.И. Степанова, Нестерук С.В. // Наукові праці ОНАЗ ім. О. С. Попова. – Одесса. – № 2. – 2008. – С. 10 – 15.
5. Гайнутдинов Т.А. Расчет усредненного значения плотности потока энергии в ближней зоне антенн / Т.А. Гайнутдинов, Г.А. Ерохин, В.Г. Кочержевский, А.А. Петровский // Электросвязь. – 2000. – №12. – С. 39 – 40.
6. Ерохин Г.А. Анализ структуры поля в ближней зоне для антенн УКВ диапазона // Г.А. Ерохин, Т.А. Гайнутдинов, А.А. Петровский // М.: Электродинамика и техника СВЧ и КВЧ, т.7. – №3 (24), 1997. – С. 43.
7. ДСТУ EN 50401:2009 «Радіостанції систем з радіо доступом базові», К.: Держспоживстандарт України, 2009, 10 с.

References

1. Derzhavni sanitarni normy i pravyla zakhystu naseleння від впливу електромагнітних випромінювань № 239 від 1.08.96 р. – Kyiv, 1996.
2. Metodychni vказivky shchodo vyznachennia rivniv elektromagnitnoho polia i mezh sanitarno-zakhysnoi zony i zony obmezhennia zabudovy v mistsiakh rozmishchennia zasobiv telebachennia ta ChM-radiomovlennia: № 3860-85. – М.: MOZ SRSR, 1985. – 36 s.
3. Postanova KМУ № 1160 від 30.12.15. «Pro vnesennia zminy do punktu 26 pereliku vydiv diialnosti ta ob'ektiv, shcho stanovliat pidvyshchenu ekolohichnu nebezpeku» - Kyiv, 2015.
4. Protsenko M.B. Issledovanie prostranstvenno-vremennogo izmeneniya plotnosti potoka energii v blizhney zone peredayuschih antenn / M.B. Protsenko, L.I. Stepanova, Nesteruk S.V. // Naukovi pratsi ONAZ im. O. S. Popova. – Odessa. – № 2. – 2008. – S. 10 – 15.
5. Gaynutdinov T.A. Raschet usrednennogo znacheniya plotnosti potoka energii v blizhney zone antenn / T.A. Gaynutdinov, G.A. Erohin, V.G. Kocherzhevskiy, A.A. Petrovskiy // Elektrosvyaz. – 2000. – №12. – S. 39 – 40.
6. Erohin G.A. Analiz strukturyi polya v blizhney zone dlya antenn UKV diapazona // G.A. Erohin, T.A. Gaynutdinov, A.A. Petrovskiy // М.: Elektrodinamika i tehnika SVCh i KVCh, t.7. – №3 (24), 1997. – S. 43.
7. DSTU EN 50401:2009 «Radiostantsii system z radio dostupom bazovi», K.: Derzhspozhyvstandart Ukrainy, 2009, 10 s.

Рецензія/Peer review : 4.2.2016 р. Надрукована/Printed : 29.3.2016 р.