

# ИЗМЕРВАНИЯ И ОЦЕНКА НА ЕЛЕКТРОМАГНИТНИТЕ ИЗЛЪЧВАНИЯ В РАБОТНАТА СРЕДА В РВД

## MEASUREMENTS AND ESTIMATION OF ELECTROMAGNETIC EMISSION OF OPERATING ENVIROMENT IN ATC

### ИЗМЕРЕНИЯ И ОЦЕНКИ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ИЗЛУЧЕНИЙ В РАБОЧЕЙ СРЕДЕ РВД

проф. д.т.н. инж. Петров Н.<sup>1</sup>, ст.н.с. д-р инж. Бойчев Б.<sup>2,3</sup>, ст.н.с. д-р инж. Петков Т.<sup>4</sup>, инж. Петров М.<sup>3</sup>

Тракийски университет –Ст. Загора<sup>1</sup>, Институт за космически изследвания-БАН<sup>2</sup>, Технически университет –София<sup>3</sup>, Институт по въздушен транспорт<sup>4</sup>

#### Abstract:

**Abstract:** The radio-electronics means, which are used for serve of the aircraft traffic (for uncover, orientation, tracing and communication of aircrafts), present basically ground-based radio-location and radio-navigation stations of governmental service „Aircraft Traffic Control”(ATC). They are sources of electromagnetic radiation (EMR) and need to be analyzed from health aspect. Permissible values of EMR in individual zones of work with computers systems and objects of ATC are the object of medical norms and standards. The present legal regulations determining electromagnetic irradiation (pollution) in relation of human health which conform is analyzed in the paper.

**KEYWORDS:** ELECTROMAGNETIC RADIATION, ELECTROMAGNETIC POLLUTION, AIRCRAFT TRAFFIC CONTROL

#### 1. Нормативно определени допустими нива

У нас по отношение ограничаване на въздействието на електромагнитните полета (ЕМП) се прилагат допустими нива, определени нормативно в няколко акта:

Наредба № 9 от 1991 г. за пределно допустими нива на ЕМП в населени територии и определяне на хигиенно-защитните зони около излъчващи обекти [1];

Наредба № 9 за здравно-хигиенните изисквания при използването на персонални компютри в обучението и извънучебните дейности на учениците [2];

Наредба № 7 от 23 септември 1999 г. за минималните изисквания за здравословни и безопасни условия на труд на работните места и при използване на работното оборудване [3].

Европейският съюз има препоръки в това отношение, дадени в [4]. Националните изисквания отговарят на препоръките по [4] или са по-строги.

Актуален проблем на националната нормативна база е факта, че за основната Наредба № 9 от 1991 г. [1] (както и за [2]) е отпаднало правното основание - съответният закон, дал това правно основание е отменен и не е предвидена такава наредба в заместващия закон.

Пределно допустими нива на напрегнатостта и на плътността на енергийния поток на ЕМП в населени места са посочени в табл. 1 (Наредба № 9).

**Таблица 1.** *Пределно допустими нива на напрегнатостта и на плътността на енергийния поток на ЕМП в населени места*

№	Честотен обхват, в който работи излъчвателя	Пределно допустимо ниво
1.	От 30КHz до 300КHz	25V/m
2.	От 0.3MHz до 3MHz	15V/m
3.	От 3MHz до 30MHz	10V/m
4.	От 30MHz до 300MHz	3V/m
5.	От 0.3GHz до 30GHz	10V/m

При наличието на няколко излъчвателя в един и същи честотен диапазон до 300 MHz, геометричната сума при напрегнатостта на ЕМП на населените територии трябва да бъде по-малка от съответното пределно допустимо ниво. Ако всички излъчватели работят в обхвата от 0.3 GHz до 30 GHz, аритметичната сума от плътностите на енергийните потоци на ЕМП в населените територии трябва да е по-малка от пределно допустимото ниво  $10 \mu\text{W}/\text{cm}^2$ .

За авиационните наземни работни среди (радиолокационни, радионавигационни и свързочни средства за обслужване на въздушното движение) нивата на енергийните потоци на електромагнитните излъчвания в работната среда се отнасят за диапазоните и експлоатационните условия, както следва:

В честотния диапазон от 300 MHz до 300 GHz, когато източниците на ЕМП не са въртящи се и сканиращи антени: енергетично натоварване  $[\text{W} \cdot \text{h} \cdot \text{m}^{-2}]$  - от 0,2 до над 20; плътност на мощността измерена в  $[\text{W} \cdot \text{m}^{-2}]$  от 1 до над 100.

В честотния диапазон от 300 MHz до 300 GHz, когато източниците на ЕМП са въртящи се антени:

енергетично натоварване  $[\text{W} \cdot \text{h} \cdot \text{m}^{-2}]$ ; от 2 до над 200 ; плътност на мощност  $[\text{W} \cdot \text{m}^{-2}]$  от 1 до над 100.

Дозите при наличие на няколко източника на ЕМП се сумират аритметично.

По-долу е представена методиката за селективни измервания на електромагнитни излъчвания в работната и околната среда, базираща се на оценка на напрегнатостта на полето в изследваната точка на базата на известни параметри на излъчвателите.

#### 2. Методика за оценка на напрегнатостта на полето

Приведената методика е разработена в ИВТ за комплексна оценка на резултатите от селективни измервания на плътността на мощността на електромагнитните полета (ЕМП) в работни и околните авиационни среди съгласно постановление [6].

Основни аналитични съотношения са дадени в обобщен вид:

Интензитет на ЕМП  $[\text{V}/\text{m}]$  в дадената точка за честотния обхват от 30 MHz до 300 MHz.

$$(1) \quad E \cong (\sqrt{80 \cdot \eta_a \cdot D \cdot P_n}) / R,$$

където  $R[m]$  е разстоянието от фазовия център на антенната система до точката, в която се изчислява интензитетът на полето,  $\eta$  е к. п. д. на антенно-фидерния тракт,  $D$  е обобщеният коефициент на насочено действие в направление рецептора на електромагнитните излъчвания (е. м. и.).

$$(2) \quad P = q/F_e \cdot \sum (P_{kp} \cdot \Delta F_i) / (\Delta f - F_n) [W],$$

където:  $P_{kp} [W]$  са съответно средните мощности на източника на е. м. п. в поддиапазоните  $\Delta F_i [Hz]$  с отчитане на хармоничните и комбинационни честоти в спектъра на сигнала;  $\Delta f [Hz]$  е активната честотна лента на източника на е. м. п.;  $q = t_u / T$  е коефициент на разпределеност на импулсите на импулсен излъчвател с продължителност на импулсите  $t_u$  и период на повторение  $T = 1/F_u \cdot F_n [Hz]$ ; при източници на непрекъснати е. м. п.  $q = 1$ ,  $F_e [ob/min]$  е честотата на въртене на апертурата на антената (при невъртящи се антени  $F_b = 1$ ).

Плътноста на енергийния поток  $[W/cm^2]$  в диапазона (0,3 – 1) GHz се изчислява по формулата:

$$(3) \quad S = E^2 / (3,77),$$

А в честотния диапазон (1 – 30) GHz по формулата:

$$(4) \quad S_{max} = S_0 \cdot F \cdot K [W \cdot cm^2],$$

където:  $F$  е коефициент, отчитащ реалните условия на разпространение на е. м. вълни (отражение, поглъщане);  $K$  е стойност, отчетена от максимума на излъчване (коефициент на усилване – КУ по Е) за ъглово отклонение – 8, диаграмата на насоченост на антената (ДНА).

$$(5) \quad S_0 = 25 \cdot P_u \cdot D / \pi \cdot R^2 [mV/cm^2].$$

Номиналното значение на КУ се определя от формула [2]:

$$(6) \quad D = 4 \cdot \pi \cdot A_{ef} / \lambda^2$$

където:  $A_{ef}$  е ефективната площ на антената;  $\lambda$  е дължината на е. м. вълна.

За близката зона  $R \leq I^2 / \lambda$ ,  $I$  е размерът (диаметърът) на антената, като при това се получава  $D \cong 4 \cdot \pi \cdot R^2 / A_{ef}$ . За преходната ( $R > I^2 / \lambda$ ) и далечната ( $R \gg I^2 / \lambda$ ) зони е валидно съотношение (5).

Данни за стойностите на  $D$  за изотропни и насочени антени са приведени в [7]. За силно насочени антени произведението на ширината на главния лист на ДНА по азимут и ъгъл на място и КУ е постоянно [7], което позволява определянето на  $K$  в израза (3). Стойността на  $F$  в (3) обикновено се приема за най-лошия случай (отсъствие на поглъщане на ЕМП в средата на разпространение), като при това  $F \cong 1$ .

Разработената методика е използвана за комплексна обработка на резултатите от селективни измервания на ЕМП в работни среди на РВД [9], като показва сходност с измерванията по интегрални методи.

Предстои използване на методиката при изследване на компютърни излъчвания в работни авиационни среди.

### 3. Оценка чрез измерване на напрегнатостта на полето

За селективни екологични измервания на ЕМП в работни и околни авиационни среди в Института по въздушен транспорт (ИВТ) е сформиран метрологичен екип и приборна екипировка в състав:

Измерител на мощност - пиковатметър ML 4803A / ANRITSU - честотен диапазон от 100kHz до 140GHz с възможност за комутация на честотната стъпка през 0,1mHz [7].

Комплект от рупорни антени НФА3Е11 със свързващи коаксиални кабели.

Системата е оторизирана за измерване на енергийни потоци на ЕМП със свидетелство за калибровка на НЦМ, № 018-PC/20.09.1994г. издадено в РЦМ – Ст. Загора.

Селективните екологични изследвания на ЕМП се реализират като:

Изследвания с дискретни честотни стъпки на мощността в обсега на основните, хармонични и комбинационни честоти на радиотехническите средства

Обработка на резултатите по разработена в ИВТ методика за комплексна оценка на плътността на мощността.

### 3. Заключение

Съгласно т. 4 и т. 5 са извършени селективни екологични измервания на ЕМП в работни среди на обекти на РВД в София, Варна, Бургас, Видин, Върбица и Черни връх. Данните от измерванията са оформени в „Отчет на извършените измервания на ЕМП на РВД“ [9]. Те са оформени съгласно „Методика за извършване на електромагнитни измервания“ [6] и представени на ръководството на ИВТ – София и РВД - София.

### 4. Литература

- [1]. Наредба № 9 от 1991 г. за пределно допустими нива на ЕМП в населени територии и определяне на хигиенно-защитните зони около излъчващи обекти (Обн. ДВ. бр.35 от 3 май 1991г., попр. ДВ. бр.38 от 14 май 1991г., изм. ДВ. бр.8 от 22 януари 2002 г.)
- [2]. Наредба № 9 за здравно-хигиенните изисквания при използването на персонални компютри в обучението и извънучебните дейности на учениците (Обн. ДВ. бр.46 от 7 юни 1994 г.)
- [3]. Наредба № 7 от 23 септември 1999 г. за минималните изисквания за здравословни и безопасни условия на труд на работните места и при използване на работното оборудване (Обн. ДВ. бр.88 / 1999 г., посл. изм. ДВ. бр.40 / 2008 г.)
- [4]. Council Recommendation of 12 July 1999 on the limitation of exposure of the general public to electromagnetic fields (0 Hz to 300 GHz) (1999/519/EC)
- [5]. Наредба № 10 от 21 декември 2006 г. за системите и средствата за комуникация, радионавигация и радиолокационен обзор и процедурите за комуникация в гражданското въздухоплаване (Обн. ДВ. бр.3 /2007 г.)
- [6]. Коцев, Ал., Н. Петров. Методика за извършване на електромагнитни измервания на СВЧ полета. ИВТ – София, 1997.
- [7]. Power Meter ML4803A. Anritsu Corporation, 1997.
- [8]. Доналд Р., Уайт Ж., „Електромагнитная совместимость радиоэлектронных средств и непреднамеренные помехи. т. 1, пер. с англ., Москва, „Советское радио“, 1999.
- [9]. Отчет на извършените измервания на ЕМП на обекти на РВД разположени на територията на РБ. ИВТ – София, 1997.
- [10]. Коцев А. И., Петков Т. П., Петров Н. И., “Екологични селективни измервания на електромагнитни излъчвания в работните и околни авиационни среди”, Национална научно-практическа конференция “Метрология и екология в авиацията”, юни 1997 г.