



УДК 537.531

## INFLUENCE OF FREQUENCY OF ELECTRIC MAGNETIC RADIATION OF RADIO FREQUENCY RANGE ON BORDER-DIAPOSIC STRESS OF ELECTRIC FIELD

### ВПЛИВ ЧАСТОТИ ЕЛЕКТРОМАГНІТНИХ ВИПРОМІНЮВАНЬ РАДІОЧАСТОТНОГО ДІАПАЗОНУ НА ГРАНИЧНОДОПУСТИМУ НАПРУЖЕНІСТЬ ЕЛЕКТРИЧНОГО ПОЛЯ

Tereshchenko O.P. / Терещенко О.П.

c.t.s., as.prof. / к.т.н., доц.

Vinnytsia National Technical University,

Vinnytsia, Khmelnytskyj highway 95, 21021

Вінницький національний технічний університет,

Вінниця, Хмельницьке шосе 95, 21021

**Анотація.** Досліджено вплив частоти електромагнітних випромінювань радіочастотного діапазону на граничнодопустиму напруженість електричного поля. Визначено регресійну залежність, яка описує вплив частоти електромагнітних випромінювань радіочастотного діапазону на граничнодопустиму напруженість електричного поля. Отримана залежність може бути використана під час розробки методик інженерних розрахунків параметрів радіоелектронних пристроїв. Встановлено, що граничнодопустима напруженість електричного поля радіочастотного діапазону спадає при збільшенні логарифма середньо-геометричної частоти електричного поля за лінійною залежністю.

**Ключові слова:** граничнодопустима напруженість, електричне поле, радіочастотний діапазон.

#### Вступ.

Джерелом електромагнітного випромінювання (ЕМВ) є різні установки, починаючи від потужних телевізійних та радіотрансляційних станцій, електричних мереж та обладнання надвисокої напруги до установок високочастотного нагріву і електрорадіотехнічних приладів різного призначення. Електромагнітне поле являє собою сукупність двох взаємопов'язаних полів, які характеризуються напруженостями електричного ( $E$ , В/м) та магнітного ( $H$ , А/м) полів, які утворюються електромагнітними хвилями, що змінюються в часі. При дії електромагнітного поля на організм людини відбувається поглинання енергії поля тканинами тіла, що в свою чергу може призвести до термічних, морфологічних а також функціональних змін у ньому [1]. Тому визначення регресійної залежності, яка описує вплив частоти електромагнітних випромінювань радіочастотного діапазону на граничнодопустиму напруженість електричного поля є актуальною науково-технічною задачею.

#### Основний текст.

В роботі [2] для захисту від ЕМВ запропоновані радіоекрануючі композиційні матеріали з використанням відходів металообробки. Бетони для захисту від електромагнітного випромінювання описані в роботах [3, 4]. В роботах [5] розглянуті радіоелектронні пристрої, які є джерелами ЕМВ. В роботі [6] наведено дані про низькочастотний аналізатор ЕМВ. Однак конкретних регресійних залежностей, що описують вплив частоти



електромагнітних випромінювань радіочастотного діапазону на граничнодопустиму напруженість електричного поля, в результаті аналізу відомих публікацій, нами не виявлено.

Мета роботи – визначення регресійної залежності, яка описує вплив частоти електромагнітних випромінювань радіочастотного діапазону на граничнодопустиму напруженість електричного поля, що може бути використана під час розробки методик інженерних розрахунків параметрів радіоелектронних пристроїв.

У табл. 1 показано граничнодопустимі значення напруженості ЕМВ на робочих місцях [7].

Визначення коефіцієнтів рівняння регресії здійснювалось методом найменших квадратів за допомогою розробленої комп'ютерної програми "RegAnaliz", яка захищена свідоцтвом на твір [8] і детально описана в роботі [9]. Результати регресійного аналізу наведені в табл. 2, де сірим кольором позначено комірку з максимальним коефіцієнтом кореляції  $R$ .

Отже, за результатами регресійного аналізу на основі даних табл. 1 та табл. 2, як найбільш адекватну, остаточно прийнято таку регресійну залежність

$$E_{ГД} = 1034 - 192,31 \lg f_{CG} \text{ [В/м]}, \quad (1)$$

де  $E_{ГД}$  – граничнодопустима напруженість електричного поля, В/м;  $f_{CG}$  – середньо-геометрична частота електричного поля, кГц.

Таблиця 1

### Граничнодопустимі значення напруженості ЕМВ на робочих місцях

Діапазони частот	1-10 кГц	10-60 кГц	0,06-3 МГц	3-30 МГц	30-50 МГц	50-300 МГц
Середньгеометрична частота $f_{CG}$ , кГц	3,162	24,49	424,3	9487	94868	
$\lg f_{CG}$	0,5	1,389	2,628	3,977	4,977	
$E_{ГД}$ , В/м	1000	700	500	300	80	

Джерело: [7]

Таблиця 2

### Результати регресійного аналізу

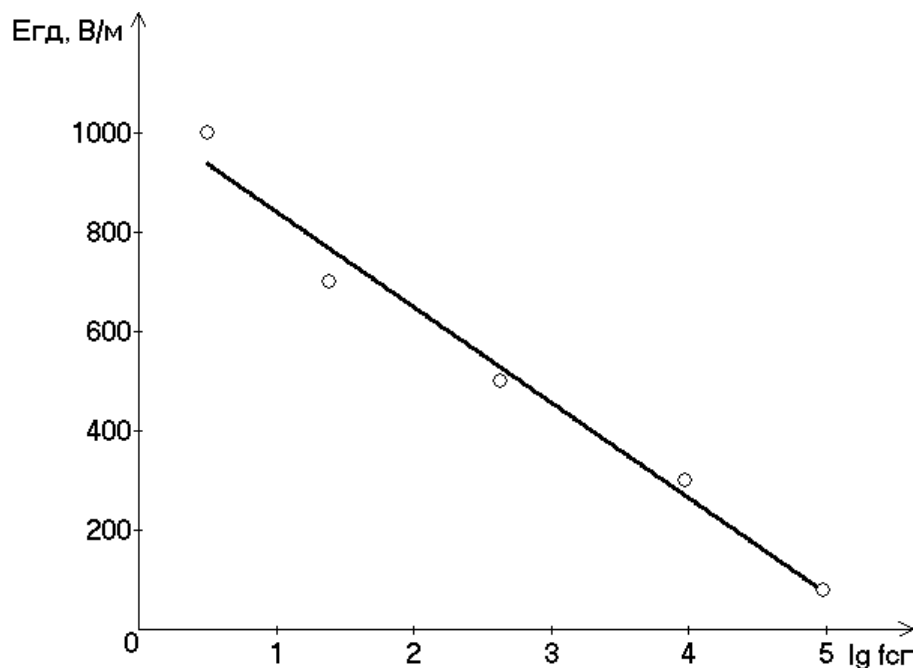
№	Вид регресії	Коефіцієнт кореляції $R$	№	Вид регресії	Коефіцієнт кореляції $R$
1	$y = a + bx$	0,98994	9	$y = ax^b$	0,84385
2	$y = 1 / (a + bx)$	0,81446	10	$y = a + b \cdot \lg x$	0,97881
3	$y = a + b / x$	0,89499	11	$y = a + b \cdot \ln x$	0,97881
4	$y = x / (a + bx)$	0,81650	12	$y = a / (b + x)$	0,81446
5	$y = ab^x$	0,94512	13	$y = ax / (b + x)$	0,50455
6	$y = ae^{bx}$	0,94512	14	$y = ae^{b/x}$	0,70136
7	$y = a \cdot 10^{bx}$	0,94512	15	$y = a \cdot 10^{b/x}$	0,70136
8	$y = 1 / (a + be^{-x})$	0,53913	16	$y = a + bx^n$	0,94897

Авторська розробка



На рис. 1 графічно показано фактичну та теоретичну залежності, що описують вплив частоти електромагнітних випромінювань радіочастотного діапазону на граничнодопустиму напруженість електричного поля.

Порівняння фактичних та теоретичних даних показало, що теоретична граничнодопустима напруженість електричного поля радіочастотного діапазону, розрахована за допомогою регресії (1), несуттєво відрізняються від фактичних даних, що свідчить про високу точність отриманої залежності.



**Рис. 1. Порівняння фактичної (○) та теоретичної (—) граничнодопустимої напруженості електричного поля радіочастотного діапазону**

*Авторська розробка*

Із рис. 1 видно, що граничнодопустима напруженість електричного поля радіочастотного діапазону спадає при збільшенні логарифма середньгеометричної частоти електричного поля за лінійною залежністю.

#### **Висновки.**

1. Визначено регресійну залежність, яка описує вплив частоти електромагнітних випромінювань радіочастотного діапазону на граничнодопустиму напруженість електричного поля, що може бути використана під час розробки методик інженерних розрахунків параметрів радіоелектронних пристроїв.

2. Встановлено, що граничнодопустима напруженість електричного поля радіочастотного діапазону спадає при збільшенні логарифма середньгеометричної частоти електричного поля за лінійною залежністю.

#### **Література:**

1. Бондаренко Є.А., Дрончак В.А., Дупляк Р.Я., Кобилянський О.В., Терещенко О.П. Охорона праці в галузі : Лабораторний практикум. – Вінниця : ВНТУ, 2007. – 116 с.



2. Лемешев М.С., Березюк О.В., Христинич А.В. Радиоэкранирующие композиционные материалы с использованием отходов металлообработки // Инновационное развитие территорий : Материалы 2-й Междунар. науч.-практ. конф., 25–27 февраля 2014 г.. – Череповец : ЧГУ, 2014. – С. 63-65.

3. Лемешев М.С., Березюк О.В. Електротехнічний бетон для виготовлення анодних заземлювачів // Інтелектуальний потенціал ХХІ століття '2017: матеріали міжнародної науково-практичної Інтернет-конференції, 14-21 листопада 2017 р. – Одеса: SWorld, 2017. – 5 с.

4. Ковальський А.В., Лемешев М.С. Бетони для захисту від електромагнітного випромінювання // Прикладні науково-технічні дослідження: матеріали II міжнар. наук.-практ. конф., 3-5 квіт. 2018 р. – Івано-Франківськ : Симфонія форте, 2018. – С. 131.

5. Антонюк Г.Л., Полуденко О.С., Березюк О.В. Радіоелектронні пристрої вимірювання вмісту шкідливих речовин у навколишньому середовищі // Еколого-енергетичні проблеми сучасності : збірн. наук. праць всеукр. нау.-техн. конф. молод. учених та студ., 14 квітня 2017 р. – Одеса : ОНАХТ, 2017. – С. 5-6.

6. Березюк О.В., Колісник О.В. Низькочастотний аналізатор електромагнітного випромінювання // Елек. наук. видання матер. XLIV рег. наук.-техн. конф. проф.-викл. складу, співроб. та студ. ВНТУ. – Режим доступу: <http://conf.vntu.edu.ua/allvntu/2015/inmt/txt/kolisnik.pdf>.

7. ДСанПіН 3.3.6-096-2002. Державні санітарні норми і правила при роботі з джерелами електромагнітних полів.

8. Березюк О.В. Комп'ютерна програма "Регресійний аналіз" ("RegAnaliz") // Свідоцтво про реєстрацію авторського права на твір № 49486. – К.: Державна служба інтелектуальної власності України. – Дата реєстрації: 03.06.2013.

9. Березюк О.В. Встановлення регресій параметрів захоронення відходів та потреби в ущільнювальних машинах на основі комп'ютерної програми "RegAnaliz" // Вісник ВПІ. – 2014. – № 1. – С. 40-45.

### References:

1. Bondarenko Ye.A., Dronchak V.A., Dupliak R.Ia., Kobylanskyi O.V., Tereshchenko O.P. *Okhorona pratsi v haluzi : Laboratornyi praktykum*, Vinnytsia, Ukraine : VNTU, 2007. 116 p.

2. Lemeshev M.S., Bereziuk O.V., Khrystych A.V. (2014) Radyoekranyuiushchye kompozytsyonnye materyaly s yspolzovanyem otkhodov metalloobrabotky in *Ynnovatsyonnoe razvytye terrytoryi : Materyaly 2-y Mezhdunar. nauch.-prakt. konf.*, 25–27 fevralia 2014 h. pp. 63-65.

3. Lemeshev M.S., Bereziuk O.V. (2017) Elektrotekhnichniy beton dlia vyhotovlennia anodnykh zazemliuvachiv in *Intelektualnyi potentsial XXI stolittia 2017: materialy mizhnarodnoi naukovo-praktychnoi Internet-konferentsii*, 14-21 lystopada 2017 r. 5 p.

4. Kovalskyi A.V., Lemeshev M.S. (2018) Betony dlia zakhystu vid elektromahnitnoho vyprominiuvannia in *Prykladni naukovo-tekhnichni doslidzhennia: materialy II mizhnar. nauk.-prakt. konf.*, 3-5 kvit. 2018 r. p. 131.

5. Antoniuk H.L., Poludenko O.S., Bereziuk O.V. (2017) Radioelektronni prystroi vymiriuvannia vmistu shkidlyvykh rehovyn u navkolyshnomu seredovyshchi in *Ekoloho-enerhetychni problemy suchasnosti : zbirn. nauk. prats vseukr. nau.-tekhn. konf. molod. uchenykh ta stud.*, 14 kvitnia 2017 r. pp. 5-6.

6. Bereziuk O.V., Kolisnyk O.V. (2015) Nyzkochastotnyi analizator elektromahnitnoho vyprominiuvannia in *Elek. nauk. vydannia mater. XLIV reh. nauk.-tekhn. konf. prof.-vykl. skladu, spivrob. ta stud. VNTU*. URL: <http://conf.vntu.edu.ua/allvntu/2015/inmt/txt/kolisnik.pdf>.



7. DSanPiN 3.3.6-096-2002. Derzhavni sanitarni normy i pravyla pry roboti z dzherelamy elektromahnitnykh poliv.

8. Bereziuk O.V. (2013) Kompiuterna prohrama "Rehresiinyi analiz" ("RegAnaliz") in *Svidotstvo pro reiestratsiiu avtorskoho prava na tvir* № 49486.

9. Bereziuk O.V. (2014) Vstanovlennia rehresii parametriv zakhoronennia vidkhodiv ta potreby v ushchilniuvalnykh mashynakh na osnovi kompiuternoї prohramy "RegAnaliz" in *Visnyk VPI*. vol. 1. pp. 40-45.

**Abstract.** *The influence of the frequency of electromagnetic radiations of the radio frequency band on the permissible tensile strength of the electric field is investigated. Regression dependence has been determined, which describes the influence of the frequency of electromagnetic radiation of the radio frequency band on the maximum permissible electric field strength. The obtained dependence can be used during the development of methods of engineering calculations of parameters of radio-electronic devices. It was established that the permissible intensity of the electric field of the radio frequency band decreases with increasing logarithm of the mean-geometric frequency of the electric field by linear dependence.*

**Key words:** *extreme permissible tension, electric field, radio frequency range.*

Стаття відправлена: 21.12.2018 р.

© Терещенко О.П.