

МЕТОДИКА ОЦІНКИ РІВНЯ ЕЛЕКТРИЧНОГО ПОЛЯ НЕБЕЗПЕЧНИХ СИГНАЛІВ В ЗАХОДАХ ЗАХИСТУ ІНФОРМАЦІЇ ГЛОБАЛЬНИХ НАВІГАЦІЙНИХ СУПУТНИКОВИХ СИСТЕМ

Швець В. А., к.т.н., доцент кафедри засобів захисту інформації

Мелешко Т. В., старший викладач кафедри засобів захисту інформації

Україна, м. Київ, Національний авіаційний університет

Abstract. *The paper provides an analysis of sources that substantiate the need to protect information in GNSS. One of the areas of information protection is organizational measures in the form of monitoring the electromagnetic environment at the location of GNSS consumers equipment. The method of estimation of the level of dangerous signals is given. The practical results of the application of the proposed methodology are presented.*

Keywords: *dangerous signal, electromagnetic environment, global navigation satellite systems, information protection, power flux density, interference.*

Вступ. Сучасний етап розвитку суспільства характеризується все більш широким використанням координатно-часового забезпечення (КЧЗ), що становить основу ефективного функціонування багатьох галузей економіки і є найважливішою частиною сучасних транспортних систем, цифрових систем телекомунікації, енергетики, фінансової і банківської сфері, систем управління військами і високоточною зброєю, які відносяться до об'єктів критичної інфраструктури [1].

Під час експлуатації глобальних навігаційних супутникових систем (ГНСС) було виявлено їх вразливості [2]. Одним з найбільш важливих і своєчасних звітів про дослідження в цій області був звіт Центру Волпе [3] про вразливості GPS, у висновках якого зазначалося, що система GPS, як і інші радіонавігаційні системи, вразлива при впливі ненавмисних і навмисних завад і що такі завади несуть загрозу безпеці і можуть мати серйозні наслідки для економіки і навколишнього середовища. У звіті зроблено висновок про те, що зростаюче використання GPS в цивільній інфраструктурі робить її усе більш привабливою мішенню для ворожих дій окремих особистостей і груп, тому необхідно проводити заходи щодо захисту інформації ГНСС [4-6].

Обговорення. Необхідність захисту інформації ГНСС неодноразово наводилася в нормативних документах ІКАО [7, 8], звітах та наукових джерелах (см. перелік літератури [2-6,9]).

Для захисту інформації ГНСС пропонуються організаційно-технічні заходи, які базуються на моделі загроз та моделі порушника інформації ГНСС [9].

В якості організаційних заходів пропонується проводити моніторинг доступності радіонавігаційного поля ГНСС в точці розташування апаратури споживачів навігаційної інформації. Мета моніторингу – вимірювання рівня небезпечного сигналу для ГНСС та надання висновків щодо можливості виконання цільової функції апаратури споживачів ГНСС. Для досягнення мети моніторингу повинна бути розроблена методика оцінки рівня небезпечного сигналу для ГНСС.

В результаті НДР які проводилися в Національному авіаційному університеті була розроблена методика оцінки рівня небезпечного сигналу для ГНСС яка базується на імовірнісному методу і методу захисного відношення «сигнал/завада» оцінки якості електромагнітної обстановки в точці розташування апаратури споживачів навігаційної інформації [10-12].

Методика полягає в наступному:

1. Для отримання значення порогового відношення "сигнал/завада" Trh (вираз 12) [10] необхідно обрати умовну ймовірність реалізації цільової функції приймача ГНСС. Це може бути значення цілісності даних ГНСС.

2. За допомогою формули 12 [10] розрахувати значення порогу захисного відношення "сигнал/завада" Trh .

3. Розрахувати необхідне відношення J/S , де $J/S=1/Trh$ для приймача ГНСС в умовах дії завад (рис. 2) [10].

4. Розрахувати граничну щільність потоку потужності електричного поля на площині антени приймача ГНСС при необхідному відношенні J/S , яке отримано в п.3.

5. Розрахувати межу області припустимих і неприпустимих завад при необхідному відношенні J/S від відстані для граничної щільності потоку потужності електричного поля за допомогою виразу 2 [11] (рис. 2).

6. За допомогою виразу 3 [13] розрахувати залежність щільності потужності електричного поля від відстані при вірогідній постійній потужності джерела завади, на яких можливо виконання цільової функції приймачем ГНСС (рис. 3).

7. За допомогою вимірювального приймача провести вимірювання щільності потужності електричного поля та зробити висновки до можливості розташування приймача ГНСС в даній точці для рішення навігаційної задачі [13,14].

Для прикладу застосуємо наведену вище методику для прийняття рішення можливості здійснення заходу на посадку за III категорією в районі аеропорту.

Визначимо необхідне відношення J/S на вході приймача ГНСС. Розрахуємо поріг Trh , де в якості $P(C_A|H_i)$ [10] візьмемо значення цілісності даних ГНСС, для гіпотези H_7 (табл. 1 [10]) для цієї категорії $(1-1,5 \times 10^{-9}) = 0.9999999984 = P(C_A|H_i)$. З виразу (12) [10] отримуємо Trh в дБ:

$$Trh = 10 \lg \left(\frac{P(C_A|H_7)}{1 - P(C_A|H_7)} \right) \approx 88,239 \text{ dB}$$

Розраховане необхідне відношення J/S буде складати $J/S=1/Trh$, тобто -88,239 дБ, на вході приймача ГНСС.

Розрахуємо щільність потоку потужності dS завади на антені приймача ГНСС ТОКО DAK1575MS50T з параметрами (рис. 11):

- діапазон частот 1575,42±1,023 МГц
- резонансна частота 1580 МГц
- смуга пропускання 9 МГц
- коефіцієнт підсилення 5 дБ (або 3,16)
- розмір 2,5×2,5 см.

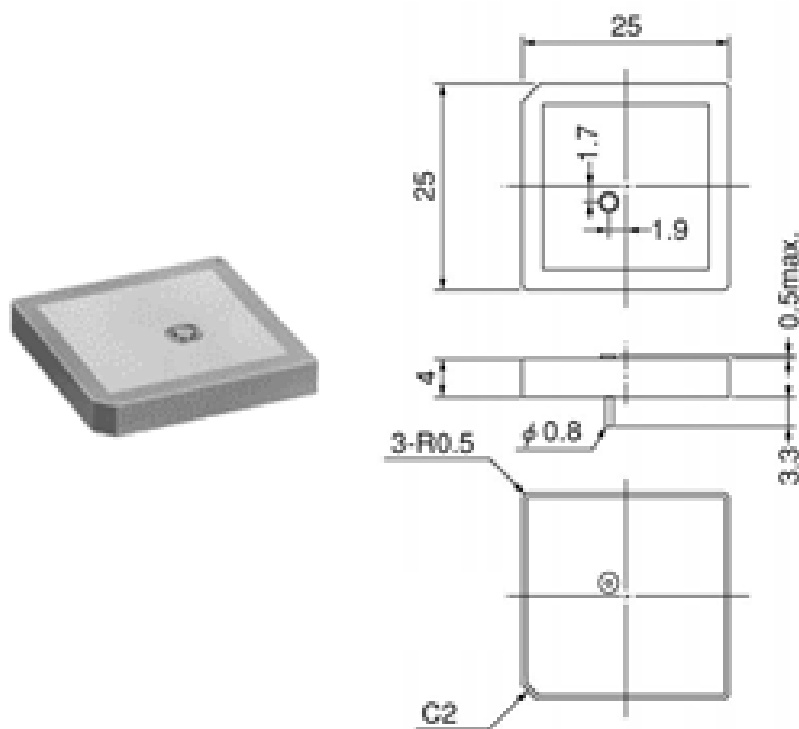


Рис. 1. Антена приймача ГНСС ТОКО DAK1575MS50T

$$dS = \frac{W}{S_a} = \frac{10^{\frac{88,24}{10}}}{0,0099} \left[\frac{Bm}{M^2} \right],$$

де W – потужність (Вт);

S_a – ефективна площа антени: $S_a = \frac{G_a \lambda^2}{4\pi}$; $\lambda = \frac{c}{f_{GPS}}$, G_a – коефіцієнт підсилення

антени, c – швидкість світла, $f_{GPS} = 1575420000$ Гц [36].

За розрахунком $dS = 1.5148331671741 \times 10^{-7}$ Вт/м² ($1.5148331671741 \times 10^{-8}$ мВт/см²).

Розрахуємо межу області припустимих і неприпустимих завад для щільності потоку потужності $dS \approx 1,5148 \times 10^{-8}$ мВт/см² в залежності від відстані s застосуванням антени TOKO DAK1575MS50T на вході приймача ГНСС, використовуючи вираз (2) [11, 13] і побудуємо графік (рис. 2).

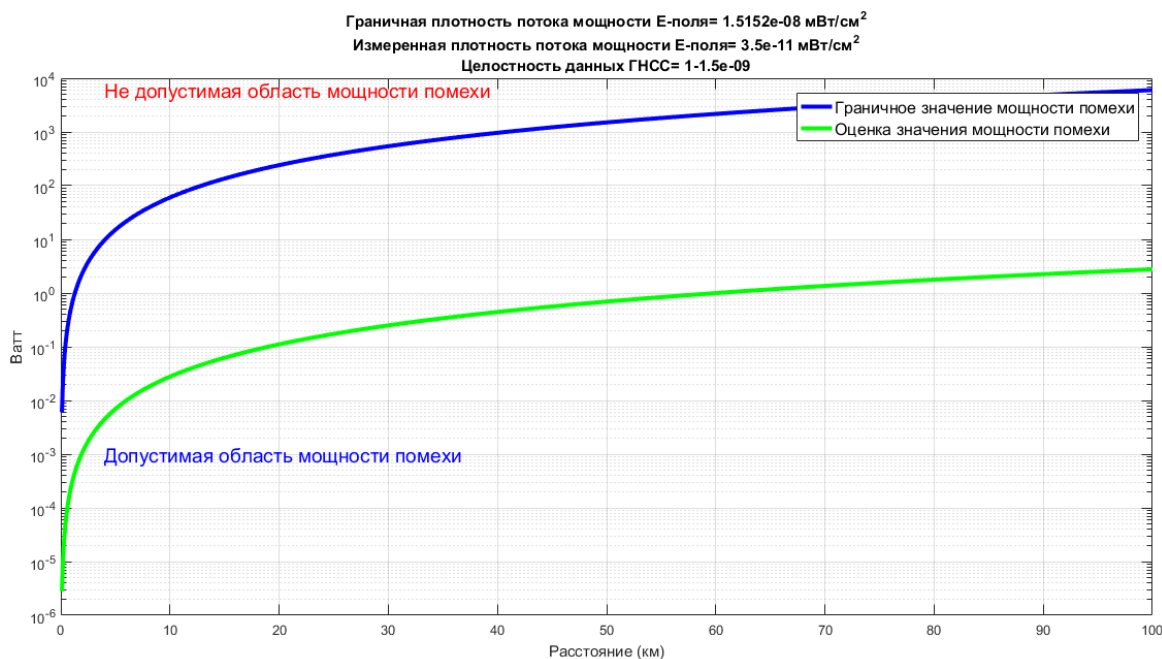


Рис. 2. Межа області потужності припустимих і не припустимих завад для необхідного відношення J/S (лінія синього кольору)

Розрахуємо і побудуємо графік залежності щільності потужності електричного поля від відстані при постійній потужності джерела завади та цілісності даних ГНСС GPS 0.9999999984 за виразом (2) [11,13], де W – потужність завади 1, 10 та 100 Вт, G_a – коефіцієнт підсилення антени TOKO DAK1575MS50T приймача ГНСС = 5дБ, для відстані D від 0 до 100 км. Результат розрахунку наведено на рис. 3.

На графіку побудуємо лінію розрахованої граничної щільності потоку потужності електричного поля завади dS на антені приймача ГНСС яка дорівнює $1,5148 \times 10^{-8}$ мВт/см².

У точках перетину лінії dS з кривими щільності потоку потужності опустимо перпендикуляри на вісь відстані (рис. 3).

Область праворуч від перпендикуляра на вісь відстані і нижче кривої потужності завади – область в якій приймач ГНСС буде виконувати навігаційну задачу з ймовірністю не гірше заданої. Також з графіка можна визначити можливу відстань до джерела завади (рис. 3).

Користуючись вимірювальним приймачем (рис. 4), виміряти потужність електричного поля в точці розташування приймача ГНСС.

На графіку (рис. 3) побудувати лінію вимірюваної щільності потужності електричного поля. Як що вимірювальна щільність потужності електричного поля нижче то присутні завади не будуть завдавати шкоди роботі приймача ГНСС.

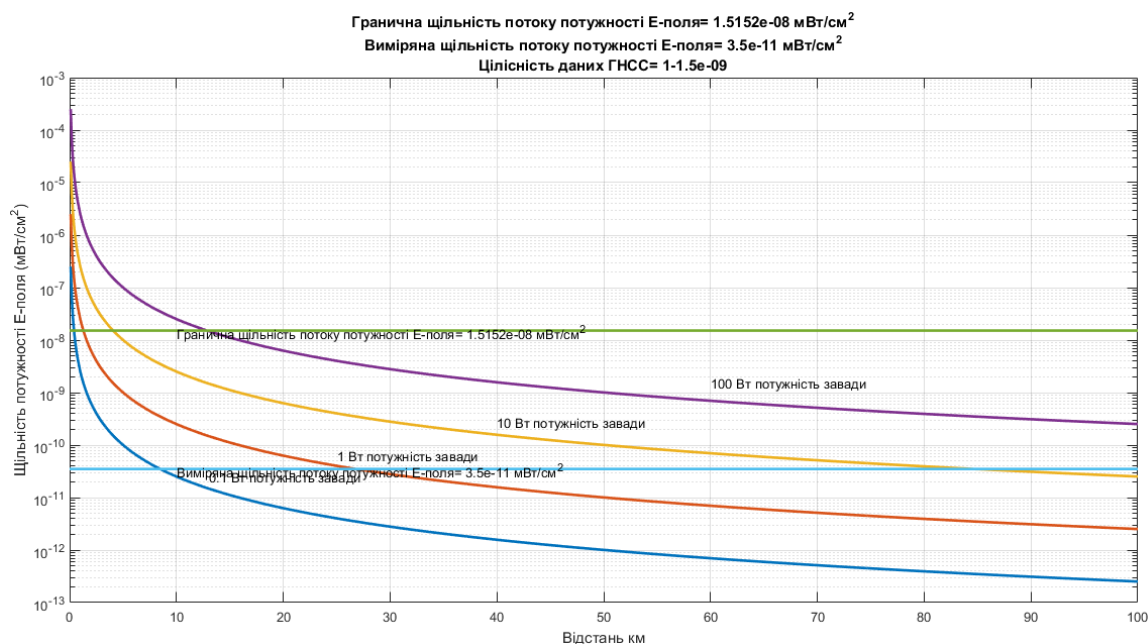


Рис. 3. Залежність щільності потужності електричного поля від відстані при постійній потужності джерела завади та цілісності даних ГНСС GPS ($1-1,5 \times 10^{-9}$)

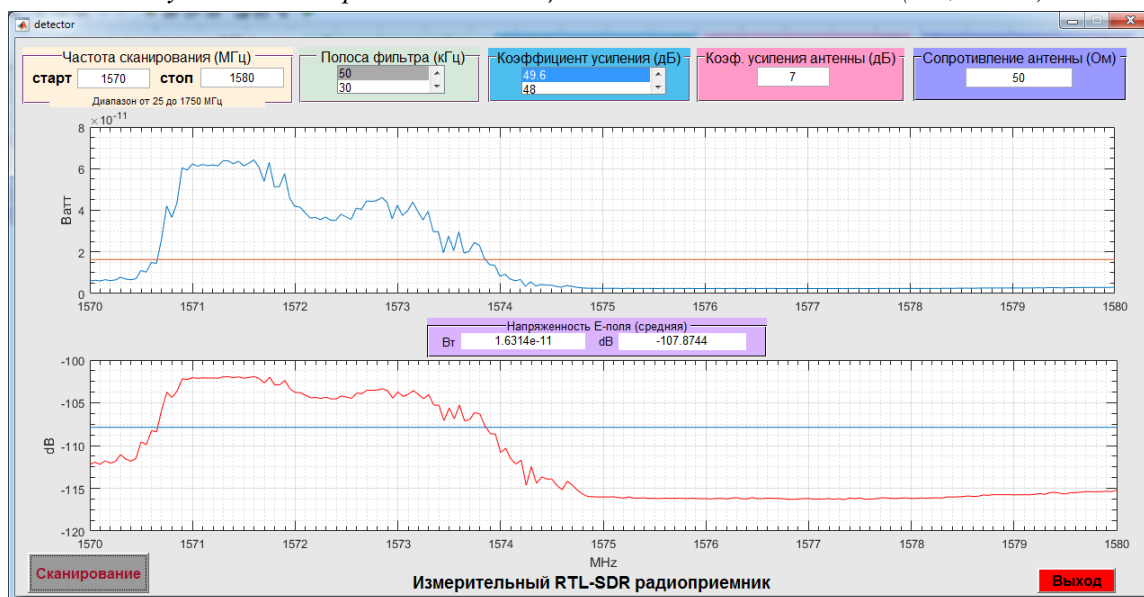


Рис. 4. Приклад вимірювання потужності електричного поля в точці розташування приймача ГНСС

На підставі графіків наведених на рис. 2 і 3 робиться висновок, що апаратура споживачів ГНСС знаходиться в припустимій зоні потужності завади і буде виконувати цільову функцію. Також з графіків (рис. 2,3) впливає, що в точці розташування приймача ГНСС є запас завадозахищеності приблизно 30 Дб.

Висновки. На підставі звітів та наукових джерел інформація ГНСС повинна бути захищеною. Для захисту пропонується організаційні заходи, тобто моніторинг доступності радіонавігаційного поля в точці розташування апаратури споживачів. Параметром для прийняття рішення обрано щільність потужності електричного поля. Для оцінки рівня щільності потужності електричного поля розроблена методика оцінки яка базується на методах оцінки якості електромагнітної обстановки в точці розташування апаратури споживачів. Наведено результати застосування методики оцінки рівня небезпечних сигналів для ГНСС.

ЛІТЕРАТУРА

1. Суходоля О. Зелена книга з питань захисту критичної інфраструктури в Україні / О. Суходоля, под ред. Д. Бірюкова, С. Кондратова, К.: НІСД, 2016. 176 с.
2. Швець В. А. Експериментальні дослідження завадостійкості систем GPS [Текст] / В. А. Швець // Вісник інженерної академії України . – 2012. № 3-4. С. 160 – 164.
3. Vulnerability Assessment of the Transportation Infrastructure Relying on the Global Positioning System. Final report. Washington, 2001.
4. Швець В. А. Аналіз загроз для транспортних систем, орієнтованих на використання глобальних навігаційних супутникових систем [Текст] / В. А. Швець, О. В. Швець // Вісник інженерної академії України . – 2013. № 3-4. С.82 – 86.
5. Швець В. А. Необходимость защиты информации глобальных навигационных спутниковых систем GPS, ГЛОНАСС, ГАЛИЛЕО [Текст] / В. А. Швець // Безпека інформації. – 2014. – №2, Том 20. – С. 185 – 192.
6. Швець В. А. Загрози навігаційному сегменту мережевих супутникових систем [Текст] / В. А. Швець // I Міжнародна науково-практична конференція "Проблеми кібербезпеки інформаційно-телекомунікаційних систем": наук.-практ. конф. 5 – 6 квітня 2018 р. : тези допов. – К. Київський національний університет – С. 493 – 497.
7. International Civil Aviation Organization (ICAO) Aeronautical Telecommunication. Volume II: Communication procedures including those with PANS status. Annex 10 to the Convention on International Civil Aviation / International Civil Aviation Organization (ICAO), Montreal: Printed in ICAO, 2001. 96 с.
8. Циркуляр 267-AN/159 Рекомендации по внедрению и эксплуатационному использованию глобальной спутниковой навигационной системы (GNSS) М.: ИКАО, 1996. 114 с.
9. Швець В. А. Напрями забезпечення доступності і цілісності інформації глобальних навігаційних супутникових систем [Текст] / В. А. Швець, Т. В. Мелешко // International Trends in Science and Technology: Proceedings of the XXI International Scientific and Practical Conference, January 31, 2020, Warsaw, Poland. – RS Global Sp. z O.O. Warsaw, Poland 2020. С. 29 – 36.
10. Швець В. А. Підходи щодо дослідження електромагнітної сумісності глобальних навігаційних супутникових систем в зоні аеропорту [Текст] / В. А. Швець, О. В. Швець // Вісник інженерної академії України . – 2015. № 4. С.61 – 64.
11. Швець В. А. Способи оцінки енергетики електричного поля групи випромінювачів в зоні аеропорту які створюють завади глобальним навігаційним супутниковим системам [Текст] / В. А. Швець, О. В. Швець // Вісник інженерної академії України. – 2016. № 1. С.45 – 48.
12. Швець В. А. Спрощена концепція математичного моделювання електромагнітної обстановки системам GPS, ГЛОНАСС, ГАЛИЛЕО [Текст] / В. А. Швець, О. В. Швець // Вісник інженерної академії України. – 2016. № 2. С.23 – 26.
13. Shvets V. A. Method of evaluation of the electric field level of dangerous signals to gnss receivers [Текст] / V. A. Shvets, V. P. Kharchenko // Proceedings of the National Aviation University, N 2 (75), 2018. pp. 7–12.
14. Shvets V. A. Radio receiver for the monitoring of the radionavigation field of global navigating satellite systems [Text] / V. A. Shvets // Sciences of Europe, Vol. 1, №36 (2019). – Praha, Czech Republic: Global Science Center LP, 2019. pp. 54 – 64.