

DOI: 10.18372/2310-5461.43.13978

УДК 538.69:331.45

В. В. Козловський, д-р техн. наук, проф.
Національний авіаційний університет
orcid.org/0000-0002-8301-5501
e-mail: vvkzeos@gmail.com;

О. В. Ходаковський, канд. техн. наук, доц.
НТУУ «КПІ ім. Ігоря Сікорського»
orcid.org/0000-0002-3930-0030
e-mail: dzgeron@gmail.com;

О. М. Тихенко, канд. техн. наук, доц.
Національний авіаційний університет
ORCID: 0000-0001-6459-6497
e-mail: okstih@ua.fm

А. С. Куцак
Національний авіаційний університет
orcid.org/0000-0002-7495-2392
e-mail: kutsak.anastasiia@gmail.com

ДОСЛІДЖЕННЯ ЕЛЕКТРОМАГНІТНОЇ ОБСТАНОВКИ НА АЕРОДРОМАХ ЦИВІЛЬНОЇ АВІАЦІЇ ТА ФОРМУВАННЯ ЗАХОДІВ З ЇЇ НОРМАЛІЗАЦІЇ

Вступ

Розвиток обсягів пасажирських та вантажних перевезень, збільшення кількості аеродромів цивільної авіації супроводжується ризиком підвищення негативних впливів обладнання цих об'єктів та повітряних суден (ПС) на населення і довкілля.

Одним із фізичних факторів техногенного походження, генерованих стаціонарними об'єктами аеродромів, є електромагнітні поля широкого частотного спектра. Особливістю цієї проблеми в Україні є експлуатація застарілого радіотехнічного обладнання, призначеного для обслуговування ПС, великі терміни експлуатації, відсутність сучасних засобів навігації, та новітнього обладнання, призначеного для забезпечення зльоту і посадки сучасних літаків.

Це зумовлює проведення інструментальних вимірювань електромагнітних полів обладнання аеродромів цивільної авіації в умовах реальної їх експлуатації та розроблення заходів з їх нормалізації або підтримання на нормативному рівні.

Аналіз останніх досліджень і публікацій

Дослідженню амплітудних значень та просторового поширення електромагнітних полів радіотехнічних об'єктів приділяється багато уваги.

Більшість із них стосується обладнання мобільного зв'язку [1; 2]. Це зумовлене увагою суспільства до цієї проблематики. Частина досліджень розрахункового та експериментального характеру присвячено визначенню та оптимізації електромагнітного навантаження на території [3; 4]. Але вони розглядають певну кількість однотипних джерел (принаймні одного частотного діапазону). У той же час обладнання аеродромів цивільної авіації має робочі частоти від середніх до ультрависоких.

Деякі роботи стосуються випромінювань авіаційних локаторів [5] або аеродромів у цілому [6]. Але вони виконані на основі розрахунків та санітарних паспортів радіотехнічних об'єктів і можуть мати розбіжності з реальними умовами експлуатації.

Деякою проблемою в Україні є розбіжності термінологічного та навіть методологічного характеру у різних чинних нормативах з електромагнітної безпеки. Так, у нормативах [7] та [8] використовуються терміни «щільність потоку енергії» та «густина потоку енергії», що по суті збігається, але для фахівців аеродромних служб не є очевидним. Нормування рівнів електромагнітних полів ультрависоких частот здійснюється як за згаданою величиною, так і за напруженістю

електромагнітного поля. Але приладів для вимірювання електричної складової електромагнітного поля ультрависокої частоти не існує.

За напруженістю електричного поля нормуються електромагнітні поля частотами до 300 Гц (принаймні у нормативах, якими керуються у цивільній авіації), не розглядаючи магнітну складову, яка більш складно екранується захисними конструкціями і є фактором негативного впливу на людей.

Ці питання потребує розгляду на основі надійних експериментальних даних з наданням обґрунтованих рекомендацій щодо нормалізації та підтримання на нормативному рівні електромагнітних полів на територіях аеродромів цивільної авіації.

Мета роботи — на основі натурних вимірювань рівнів електромагнітних полів, на території аеродромів цивільної авіації, розробити реко-

мендації щодо визначення санітарно-захисних зон та підтримання їх на нормативному рівні.

Для проведення досліджень було обрано міжнародний аеропорт «Одеса», який обладнаний повним комплексом радіотехнічних засобів, які забезпечують зліт, посадку ПС та керування повітряним рухом.

Результати вимірювань рівнів електромагнітних полів на території аеродрому «Одеса»

Вимірювання рівнів електромагнітних полів здійснювалося каліброваним вимірювачем напруженості електричного а магнітного полів ПЗ-31, відповідно до інструкції з експлуатації. Максимальна похибка вимірювань не перевищувала 2,7 дБ.

Перелік і характеристики радіотехнічних об'єктів, які експлуатуються на аеродромі «Одеса» (відповідно до даних АІР), наведено у табл. 1.

Таблиця 1

Радіонавігаційні засоби та засоби посадки

Тип засобу, магнітне схилення, тип операцій, що забезпечує	Позначення	Частота	Час роботи	Частота діапазону	ГДР
LM 16	Ближньопровідний радіомаяк	715.00 KHZ	H24	Від 300 до 3000 кГц	15 В/м
LM 34	Ближньопровідний радіомаяк	715.00 KHZ	H24	Від 300 до 3000 кГц	15 В/м
LO 16	Радіомаяк дальнього приводу	348.00 KHZ	H24	Від 300 до 3000 кГц	15 В/м
LO 34	Радіомаяк дальнього приводу	348.00 KHZ	H24	Від 300 до 3000 кГц	15 В/м
VOR/DME	Всепрямований азимутальний радіомаяк	113.95 MHz MHCN 86Y	H24	Від 30 до 300 МГц	6 В/м
LOC 16 ILSCAT I	Радіомаякова система інструментального заходу літаків на посадку	108.30 MHz	H24	Від 30 до 300 МГц	6 В/м
GP	Глісадний радіомаяк	334.10 MHz	H24	Від 300 до 3000 МГц	3 В/м
MM	Маркерний радіомаяк	75.00 MHz	H24	Від 30 до 300 МГц	6 В/м
OM	Маркерний радіомаяк	75.00 MHz	H24	Від 30 до 300 МГц	6 В/м
LOC 34 ILSCAT I	Радіомаякова система інструментального заходу літаків на посадку	110.30 MHz	H24	Від 30 до 300 МГц	6 В/м
GP	Глісадний радіомаяк	335.00 MHz	H24	Від 300 до 3000 МГц	3 В/м
MM	Маркерний радіомаяк	75.00 MHz	H24	Від 30 до 300 МГц	6 В/м
OM	Маркерний радіомаяк	75.00 MHz	H24	Від 30 до 300 МГц	6 В/м

Крім того, на аеродромі експлуатуються:

- автоматизована система керування повітряним рухом (АС КІР) та радіоелектронні засоби аеродромної диспетчерської вишки (РЕЗ АДВ);
- аеродромний радіолокаційний комплекс 1 (АРЛС-1 (АТСР-33S/SIR-S));
- аеродромний радіолокаційний комплекс 2 (АРЛС-2 (ВОРЛ SIR-S));
- передавальний центр R&S (ПРЦ);

– радіотехнічний об'єкт частини РСІ-10МН (диспетчерський радіолокатор та посадочний радіолокатор).

Результати натурних вимірювань рівнів електромагнітних полів на території аеродрому «Одеса» наведені у табл. 2.

Ураховуючи результати натурних вимірювань рівнів електромагнітних полів на території аеродрому «Одеса», а також вимоги [7; 8], були надані

такі загальні рекомендації. Для зниження рівня опромінювання на території об'єкта слід:

- антени розміщувати на насипах (естакадах) або природних пагорбах;
- обмежувати використання від'ємних кутів нахилу антени.

Службові приміщення на території аеродрому слід розміщувати переважно в місцях, захищених від електромагнітного поля («радіотінь», «мертва зона»), орієнтувати так, щоб було унеможливлене опромінювання вікон і дверей, у разі необхідності — екранувати.

Таблиця 2

**Результати вимірювань рівнів електромагнітних полів
на території аеродрому «Одеса»**

Но- мер з/п	Пункт спостереження	Фактичні дані		
		E, В/м	H, А/м	W, мкВт/см ²
1	<i>Центральний пункт управління СП-80:</i>			
	– у апаратній	1,4–1,6 (3 В/м)	н/ч	0,2 (10 мкВт/см ²)
	– біля трансформаторної (на частоті 50 Гц)*	11 (1 кВ/м)	0,12 (1,4 кА/м)	–
	– за межами приміщення	1,2 (3 В/м)	н/ч	0,24 (10 мкВт/см ²)
2	<i>БПРМ 340, КРМ 160:</i>			
	– на території, у апаратній	1,5–2,1 (3 В/м)	н/ч	0,15 (10 мкВт/см ²)
	– під фідером	80 (15 В/м)	–	–
	– під антеною	55–60 (15 В/м)	–	–
3	<i>ГРМ 340:</i>			
	– на відстані 5–15 м від випромінювача:	1,6–2,0 (3 В/м)	н/ч	–
	– у апаратній:	1,3 (3 В/м)	0,08	н/ч
4	<i>Аварійно-рятувальна станція, пожежна частина (джерело радіотехнічного об'єкта військової частини):</i>			
	– на вежі для спостереження:	2,0 (3 В/м)	0,7	н/ч
	– при ввімкнутих РСР 10:	2,3 (3 В/м)	0,75	0,36 (10 мкВт/см ²)
	– на території АРС:	1,5 (3 В/м)	0,5	0,2 (10 мкВт/см ²)
	– РСР 10 у напрямку переважної спрямованості випромінювання на відстані 20–50 м:	14–2 (3 В/м)	30–4	29–2,3 (10 мкВт/см ²)
	– у апаратній:	0,4 (3 В/м)	0,17	н/ч
5	<i>**ГРМ 160:</i>	0,70–2,26 (3 В/м)	0,26	н/ч
6	<i>БПРМ 160, КРМ 340:</i>			
	– на території, у апаратній	1,6–1,2 (3 В/м)	0,20–0,22	0,3 (10 мкВт/см ²)
	– біля фідера (у апаратній)	9,5 (15 В/м)	–	–
	– під фідером	30–35 (15 В/м)	–	–
	– під антеною	32–38 (15 В/м)	–	–

* у дужках наведене значення ГДР;

** під час проведення вимірювань на ГРМ 160 спостерігалось миттєве збільшення напруженості електричного поля 3,3–5,0 В/м невідомого походження.

Маршрути руху персоналу на території аеродрому слід установлювати таким чином, щоб унеможливити опромінювання при рівнях, що перевищують граничнодопустимі.

Зони випромінювання зі щільністю потоку енергії вище 10 Вт/м^2 (1000 мкВт/см^2) повинні бути позначені спеціальними попереджувальними знаками.

За необхідності проведення робіт у зоні випромінювання антен з рівнями електромагнітного поля, вище допустимих, повинні застосовуватись пересувні захисні екрани і засоби індивідуального захисту.

Майданчики для розміщення проєктованих радіотехнічних об'єктів необхідно вибирати з урахуванням потужності передавачів, характеристик спрямованості випромінювання, висоти розташування і конструктивних особливостей антен, рельєфу місцевості, функціонального призначення прилеглих територій, висоти забудови для того, щоб рівні електромагнітного поля на території, призначеній для забудови, не перевищували граничнодопустимі рівні.

Майданчик радіотехнічного обладнання (технічна територія) обладнується відповідно до будівельних норм і правил, на його території не

допускається розміщення житлових та громадських будинків.

Захист персоналу від дії електромагнітних полів досягається шляхом проведення організаційних, інженерно-технічних заходів, а також використання засобів індивідуального захисту.

Засіб захисту в кожному конкретному випадку повинен визначатися з урахуванням робочого діапазону частот, характеру робіт, необхідної ефективності захисту.

Особи (фахівці), які проводять дослідження електромагнітних випромінювань, повинні мати засоби індивідуального захисту від впливу електромагнітного випромінювання.

Розміри санітарно-захисних зон для джерел випромінювання електромагнітної енергії на території аеродрому «Одеса»

Результати досліджень рівнів електромагнітних випромінювань радіотехнічних засобів аеродрому «Одеса» свідчать, що санітарно-захисні зони радіотехнічних об'єктів, які встановлені під час паспортизації, перебувають у межах території аеродрому. Розміри санітарно-захисних зон для джерел випромінювання електромагнітної енергії на території аеродрому «Одеса» відображені в табл. 3.

Таблиця 3

Розміри санітарно-захисних зон для джерел випромінювання електромагнітної енергії на території аеродрому «Одеса»

Номер з/п	Джерело	Санітарно-захисна зона
1	БПРМ157	Коло діаметром 37,4 м
2	КРМ 337	Еліпс з довжиною великої осі 42 м, малої — 28 м
3	ГРМ 157	Еліпс з довжиною великої осі 79,4 м, малої — 32,7 м
4	VOR/DME	Коло діаметром 36,7 м
5	Аварійно-рятувальна станція	Зона каплеподібної форми з кутом розкриття 60° , довжиною бісектриси 116,7 м, максимальної поперечної довжини 107,4 м
6	АОРЛ АТСR-33S/SIR-S	Коло діаметром 74,7 м
7	МВОРЛ SIR-S	Коло діаметром 23,4 м
8	АРП	Коло діаметром 23,4 м
9	ГРМ 337	Еліпс з довжиною великої осі 70 м, малої — 37,4 м
10	КРМ 157	Еліпс з довжиною великої осі 65,4 м, малої — 37,4 м
11	БПРМ 337	Коло діаметром 37,5 м

Існуюча житлова забудова знаходиться за межею санітарно-захисних зон та зон обмеження забудови для джерел випромінювання електромагнітної енергії на території аеродрому «Одеса».

Порівняння результатів встановлення санітарно-захисних зон, наведених у табл. 3 за результатами наведеними у праці [6] для аеродрому «Львів» дозволяє дійти висновку, що не дивлячись на однотипність обладнання ці зони суттєво відрізняються. Це можна пояснити вимірю-

ванням рівнів полів з миттєвими значеннями за однієї серії натурних вимірювань. У той же час режими роботи обладнання, наприклад, за різних погодних умов, можуть бути різними. При цьому потрібно розраховувати інтегральні значення електромагнітного навантаження, принаймні у критичних точках. Для цього потрібно узгодити вимоги нормативів [7] та [8]: у одному розглядаються відношення напруженостей полів до граничнодопустимих значень, а у другому —

відношення квадратів цих величин. Такі розрахунки дають значення, які дуже відрізняються.

В умовах змінних робочих навантажень обладнання необхідно провадити моніторинг електромагнітної обстановки.

Це надасть змогу коректно визначити реальні рівні електромагнітних полів та джерела їх раптових змін, які неодноразово спостерігалися, а їх походження не з'ясовано.

Висновки

1. Розбіжність отриманих даних, щодо фактичних рівнів електромагнітних полів з результатами, отриманими раніше, свідчить про необхідність організації на аеродромах цивільної авіації системи моніторингу електромагнітної обстановки. Це надасть змогу не тільки коректно визначити санітарно-захисні зони, а й встановити джерела раптових змін рівнів полів.

2. Негайного узгодження потребують методики розрахунку інтегрального електромагнітного навантаження за умов впливу різномірних джерел на електромагнітну обстановку, що дозволяють однозначно розробити організаційно-технічні заходи з її нормалізації та підтримання на нормативному рівні.

3. Потребують розроблення сучасні методичні рекомендації з розрахунку напруженостей полів та густин потоків енергії сучасного радіотехнічного обладнання.

4. Потребують уточнення одиниці вимірювання параметрів електричних, магнітних та електромагнітних полів з урахуванням наявного та перспективного переліку вимірювального обладнання.

ЛІТЕРАТУРА

1. **Khalifa T.** Electromagnetic Pollution Emitted from Base Station. *International Journal of Science and Research*. 2015. Vol. 4. P. 1125–1132.

2. **Галак С. С.** Гігієнічна оцінка електромагнітного випромінювання, що створюється базовими станціями та мобільними телефонами стандарту DCS-1800. *Гігієна населених місць*. 2014. Вип. 64. С. 171–182.

3. **Мордачев В. И.** Электромагнитная нагрузка на территорию в неоднородной радиоэлектронной обстановке. *Доклады белорусского государственного университета информатики и радиоэлектроники*. 2012. № 8(70). С. 23–31.

4. **Мордачев В. И.,** Свистунов А. С. Необходимый и достаточный уровень мощности электромагнитного излучения базовых станций сети GSM. *Доклады белорусского государственного университета информатики и радиоэлектроники*. 2013. № 7. С. 44–50.

5. **Агарышев А. И.,** Власов В. Г., Куклин В. Л. Анализ измеренных и рассчитанных напряженностей поля радиоволн УКВ диапазона. *Вестник иркутского государственного технического университета*. 2009. № 4. С. 189–192.

6. **Глива В. А.,** Халмурадов Б. Д., Занько С. М., Подобед І. М. Дослідження електромагнітного навантаження на виробничі середовища аеропортів та головні напрями його зниження. *Проблеми охорони праці в Україні*. 2013. Вип. 27. С. 44–48.

7. **ДСН 239-96.** Державні санітарні норми і правила захисту населення від впливу електромагнітних випромінювань [Чинний від 2017-12-22]: затв. наказом М-ва охорони здоров'я України від 01.08.1996 р. № 239. Київ, 2017. 28 с. (Державні санітарні норми України).

8. **ДСНІП 3.3.6.096-2002.** Державні санітарні норми і правила при роботі з джерелами електромагнітних полів [Чинний від 2003-03-13]: затв. наказом М-ва охорони здоров'я України від 18.12.2002 р. № 476. Київ, 2003. 16 с. (Державні санітарні норми України).

Козловський В. В., Ходаковський О. В., Тихенко О. М., Куцак А. С.

ДОСЛІДЖЕННЯ ЕЛЕКТРОМАГНІТНОЇ ОБСТАНОВКИ НА АЕРОДРОМАХ ЦИВІЛЬНОЇ АВІАЦІЇ ТА ФОРМУВАННЯ ЗАХОДІВ З ЇЇ НОРМАЛІЗАЦІЇ

Встановлено, що одним із фізичних факторів техногенного походження, що генеруються стаціонарними об'єктами аеродромів, є електромагнітні поля широкого частотного спектра. Вони створюються внаслідок експлуатації застарілого радіотехнічного обладнання, призначеного для обслуговування повітряних суден, великі терміни його експлуатації, відсутності сучасних засобів навігації. Мета роботи — на основі натурних вимірювань рівнів електромагнітних полів, на території аеродромів цивільної авіації, розробити рекомендації щодо визначення санітарно-захисних зон та підтримання їх на нормативному рівні. Проведено аналіз натурних вимірювань рівнів електромагнітних полів на території аеродрому міжнародного аеропорту «Одеса», вимірювання здійснювалося каліброваним вимірювачем напруженості електричного та магнітного полів ПЗ-31, відповідно до інструкції з експлуатації. Максимальна похибка вимірювань не перевищувала 2,7 дБ. Виявлені розбіжності термінологічного та навіть методологічного характеру у чинних нормативах з електромагнітної безпеки України. Встановлено, що потребують уточнення методики розрахунку інтегрального електромагнітного навантаження за умови впливу різномірних джерел на електромагнітну обстановку. Потребують уточнення одиниці вимірювання параметрів електричних, магнітних та електромагнітних полів з урахуванням наявного та перспективного переліку вимірювального обладнання. Розроблено рекомендації щодо встановлення санітарно-захисних зон. Доведено, що існуюча житлова забудова знаходиться за межею санітарно-

захисних зон та зон обмеження забудови для джерел випромінювання електромагнітної енергії на території аеродрому «Одеса». Надано обґрунтовані загальні рекомендації щодо нормалізації електромагнітної обстановки на територіях аеродромів цивільної авіації та підтримання її на нормативному рівні.

Ключові слова: радіотехнічне обладнання; електромагнітні поля; електромагнітна безпека; моніторинг електромагнітної обстановки.

Kozlowskiy V., Khodakovskyy O., Tykhenko O., Kutsak A.

THE STUDY OF ELECTROMAGNETIC SITUATION AT THE CIVIL AVIATION AIRPORTS AND FORMATION OF IMPROVEMENT MEASURES

The research has demonstrated that one of the physical factors of anthropogenic origin, generated by stationary aerodrome objects, is the broad-spectrum electromagnetic fields. They are created due to the operation of outdated radio equipment intended for aircraft maintenance, long service life, and lack of modern navigation instruments. The purpose of the work is to develop the recommendations for the definition of sanitary protection zones and their maintenance at the regulatory level, on the basis of field measurements of the electromagnetic fields intensity levels at the territory of civil aviation facilities. The analysis of field measurements of the electromagnetic levels fields parameters, performed with the help of calibrated voltage meter of electric and magnetic fields P3-31 in accordance with the instruction manual, at the territory of the Odessa International Airport has been carried out. The maximum measurement error did not exceed 2.7 dB. The deviations of terminological and even methodological character in the current standards for electromagnetic safety of Ukraine have been revealed. It is established that the methods of calculating the integral electromagnetic pressure have to be specified, provided that different sources influence the electromagnetic environment. The unit of measurement of the parameters of electric, magnetic and electromagnetic fields must be specified and amended, taking into account the available and perspective list of measuring equipment. Recommendations for the establishment of sanitary protection zones have been developed. It is proved that the existing residential area is out of the boundaries of the sanitary protection zones and zones of construction restriction for the sources of electromagnetic energy radiation at the territory of Odessa airport. The general recommendations for the improvement of electromagnetic environment at the territories of civil aviation aerodrome and its maintenance at the standart level are substantiated.

Keywords: radio equipment; electromagnetic fields; electromagnetic safety; monitoring of electromagnetic environment.

Козловський В. В., Ходаковський О. В., Тихенко О. М., Куцак А. С.

ИССЛЕДОВАНИЕ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЙ ОБСТАНОВКИ НА АЭРОДРОМАХ ГРАЖДАНСКОЙ АВИАЦИИ И ФОРМИРОВАНИЕ МЕРОПРИЯТИЙ ПО ЕЕ НОРМАЛИЗАЦИИ

Установлено, что одним из физических факторов техногенного происхождения, генерируемых стационарными объектами аэродромов, являются электромагнитные поля широкого частотного спектра. Они создаются в результате эксплуатации устаревшего радиотехнического оборудования, предназначенного для обслуживания воздушных судов, большие сроки его эксплуатации, отсутствия современных средств навигации. Цель работы - на основе натурных измерений уровней электромагнитных полей на территории аэродромов гражданской авиации, разработать рекомендации по определению санитарно-защитных зон и поддержания их на нормативном уровне. Проведен анализ натурных измерений уровней электромагнитных полей на территории аэродрома международного аэропорта «Одесса», измерения осуществлялось калиброванным измерителем напряженности электрического и магнитного полей ПЗ-31, согласно инструкции по эксплуатации. Максимальная погрешность измерений не превышала 2,7 дБ. Выявленные расхождения терминологического и даже методологического характера в действующих нормативах по электромагнитной безопасности Украины. Установлено, что нуждаются в уточнении методики расчета интегральной электромагнитной нагрузки, при условии влияния разнородных источников на электромагнитную обстановку. Требуют уточнения единицы измерения параметров электрических, магнитных и электромагнитных полей с учетом имеющегося и перспективного перечня измерительного оборудования. Разработаны рекомендации по установлению санитарно-защитных зон. Доказано, что существующая жилая застройка находится за чертой санитарно-защитных зон и зон ограничения застройки для источников излучения электромагнитной энергии на территории аэродрома «Одесса». Предоставлены обоснованные общие рекомендации по нормализации электромагнитной обстановки на территориях аэродромов гражданской авиации и поддержания его на нормативном уровне.

Ключевые слова: радиотехническое оборудование; электромагнитные поля; магнитное поле; электрическое поле; аэродром; электромагнитная безопасность; мониторинг электромагнитной обстановки; электромагнитный спектр; аэродром «Одесса»; санитарно-защитная зона.

Стаття надійшла до редакції 22.08.2019 р.

Прийнято до друку 20.09.2019 р.