

to use the field method and the individual flow model of the movement of people; the initial simulation data should correspond to the conditions and circumstances of a probable fire, under which the worst consequences are expected for the safe evacuation of people from the object of study; compliance with licensing requirements for software and assessment (examination) of the fire-prevention state of objects is a procedurally fixed form of fixing evidentiary information.

**Key words:** fire technical examination, mathematical modeling, calculation models, evacuation of people, a threat to life, proof.

DOI: <https://doi.org/10.33994/kndise.2022.67.50>

УДК 347.948

**Сергій Володимирович Роголін**  
старший науковий співробітник  
лабораторії інженерно-технічних та військових досліджень

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1934-8977>

E-mail: [rohalin@i.ua](mailto:rohalin@i.ua)

*Національний науковий центр  
«Інститут судових експертиз ім. Засл. проф. М. С. Бокаріуса»  
Міністерства юстиції України*

## **МЕТОДИКА ВИКОНАННЯ ЕКСПЕРТНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ ПРИЛАДІВ ОБЛІКУ ЕЛЕКТРИЧНОЇ ЕНЕРГІЇ, ЯКІ ЗАЗНАЛИ ВПЛИВУ РАДІОЧАСТОТНОГО ЕЛЕКТРОМАГНІТНОГО ВИПРОМІНЮВАННЯ**

*Розроблені рекомендації щодо проведення дослідження визначення впливу радіочастотного електромагнітного випромінювання на досліджуваний прилад обліку та окреслені умови, при яких висновок щодо втручання у роботу приладу обліку з метою не облікованого споживання електричної енергії може носити категорійний характер. Розроблені рекомендації щодо визначення джерела радіочастотного випромінювання, як ймовірного, у випадках, коли джерело не надано для проведення інструментальних досліджень. Розроблена методика виконання експертних досліджень приладів обліку електричної енергії, які зазнали впливу радіочастотного електромагнітного випромінювання.*

**Ключові слова:** *прилад обліку електричної енергії, втручання в роботу приладу обліку, електромагнітне випромінювання, частота випромінювання, електричне поле, напруженість електричного поля, електромагнітне екранування, вектор Умова-Пойнтінга, потужність випромінювання, класи електромагнітної обстановки.*

---

**Постановка проблеми.** Дослідження фактів та обставин не облікованого споживання електричної енергії у практиці проведення електротехнічних судових експертиз відноситься до найпоширеніших. На теперішній

час існують певні напрацювання у судово-експертній практиці виконання електротехнічних досліджень приладів обліку електричної енергії, але науково-практичне опрацювання цього напрямку судово-експертних досліджень не відповідає сучасним потребам. Дослідження роботи електронних приладів обліку електричної енергії при дії на них зовнішнього радіочастотного електромагнітного випромінювання з визначенням приналежності досліджуваного випромінювання до випадкового чи штучно утвореного, тобто такого чинника, який є утвореним навмисно з метою необлікового споживання електричної енергії, є актуальним.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Завдання, які вирішує судова електротехнічна експертиза приладів обліку (далі – ПО) полягають у встановленні фактів необлікованого споживання електричної енергії з порушенням споживачами Правил роздрібного ринку електричної енергії (далі – ПРРЕЕ) [1], Кодексу комерційного обліку електричної енергії (далі – ККОЕЕ) [2] та вимог експлуатації приладів обліку, встановлених підприємством-виробником. Дослідження у судових експертизах з встановлення порушень ПРРЕЕ та ККОЕЕ у теперішній час проводяться за положеннями Методики дослідження засобів обліку електричної енергії та схем їх підключення з метою вирішення діагностичних завдань [3]. Зазначеною Методикою встановлений загальний алгоритм дослідження ознак втручання у прилади обліку (наявність механічних та інших пошкоджень корпусу, захисних елементів, волосинів та пристроїв пломбування, індикаторів розкриття, магнітного та електромагнітного впливу, тощо) та передбачене інструментальне підтвердження поміж іншого технічної можливості впливу на досліджуваний прилад обліку з метою викривлення обліку із застосуванням наданих органом або особою, які ініціювали проведення дослідження, додаткових пристроїв, апаратів, механізмів (радіочастотні випромінювачі, джерела електромагнітного поля, джерела постійного магнітного поля тощо). Загальні положення цієї Методики не дозволяють конкретизувати дослідження обставин події електромагнітного впливу на прилад обліку електричної енергії, що ускладнює визначення існування впливу радіочастотного випромінювання на облік електричної енергії у висновку експерта. Спеціальна література, наприклад: И. Н. Карпов [4], Н. Б. Полонский [5] Д. Н. Шапиро [6], яка охоплює питання електромагнітного екранування визначає його як дієвий технічний засіб у конструктивному виконанні радіо-електронної апаратури в цілому при усуненні електромагнітних завод. Запобігання впливу електромагнітного поля у радіочастотному діапазоні на відповідність нормальної роботи приладів обліку електричної енергії розглядаються, наприклад: В. О. Дмитрієвим, В. В. Хошою, В. Г. Нікітюком, О. І. Нетребою [7], а також Ю. О. Лебедемком, А. А. Омельчуком, В. Є. Крайновим [8]. Окремі особливості виконання судових експертиз за цим напрямком розглянуті С. В. Роголіним, І. В. Богданюком та А. А. Лисим [9].

**Мета дослідження.** Визначення переліку вихідних даних, які необхідні для проведення досліджень приладів обліку електричної енергії, що зазнали впливу радіочастотного електромагнітного випромінювання з метою

необлікованого споживання електричної енергії. Розроблення рекомендацій до проведення дослідження впливу радіочастотного електромагнітного випромінювання на досліджуваний прилад обліку та окреслення умов, при яких висновок щодо втручання у роботу приладу обліку, з метою не облікованого споживання електричної енергії через існування впливу радіочастотного електромагнітного випромінювання на досліджуваний прилад обліку може носити категорійний характер. Розроблення рекомендацій для вирішення діагностичних завдань щодо визначення ймовірного джерела радіочастотного випромінювання у випадках, коли джерело не надано для проведення інструментальних досліджень у експертних провадженнях з дослідження втручання у роботу приладу обліку з метою не облікованого споживання електричної енергії. Розробка методики виконання експертних досліджень приладів обліку електричної енергії, які зазнали впливу радіочастотного електромагнітного випромінювання.

**Викладення основного матеріалу.** Вимірювання спожитої електричної енергії електронними (статичними) лічильниками ватт-годин відбувається з перетворенням електричних сигналів, що надходять від первинних перетворювачів сили струму та напруги на вхід вбудованого аналого-цифрового перетворювача (далі – АЦП) мікроконтролера, який перетворює сигнали в цифровий код. Мікроконтролер розраховує середньоквадратичне значення сили струму, напруги, потужності, поточне значення коефіцієнта потужності по кожній фазі, значення активної і реактивної енергії тощо. Відомо, що вплив радіочастотного електромагнітного випромінювання на напівпровідникові прилади і насамперед на інтегральні мікросхеми (далі – ІМС) призводить до їх невідповідної роботи у складі електронної схеми. У дослідженні стійкості ІМС до електромагнітного випромінювання у радіочастотному діапазоні загалом розрізняють наступні порушення роботи ІМС, що зазнали такого впливу: *«В зависимости от уровня поглощенной элементами микросхемы СВЧ мощности можно выделить следующие наблюдаемые нарушения работоспособности ИМС, которые будут определять её стойкость:*

*– помехи и обратимые отказы с восстановлением нормальных характеристик и параметров после прекращения воздействия радиоизлучения;*

*– деградационные изменения параметров и характеристик с медленным ухудшением технических характеристик изделий в процессе эксплуатации и выходом рабочих параметров изделия за пределы установленных допусков;*

*– быстрые «катастрофические» отказы с необратимым нарушением работоспособности»* [10]. Як зазначалось у статті щодо особливостей виконання судово-експертних досліджень приладів обліку електричної енергії, які зазнали впливу радіочастотного електромагнітного випромінювання» [9], експертна практика дослідження приладів обліку, які зазнали втручання від впливу радіочастотного електромагнітного випромінювання стикається з завданнями, що вирішують питання встановлення факту не облікованого споживання електричної енергії у

випадку, коли невідповідна робота ІМС є наслідком блокування передаточної характеристики ІМС (мікроконтролера ПО) від впливу електромагнітного випромінювання у радіочастотному діапазоні, який не призвів до деградаційної зміни або до «катастрофічної» відмови у роботі ПО. Тобто судово-експертні дослідження зазвичай досліджують випадки роботи ПО, коли припинення дії випромінювання відновлює відповідну роботу мікроконтролера та всієї електронної схеми ПО. З урахуванням судово-експертної практики дослідження втручання у роботу ПО, дослідження сприйнятливості ПО до радіочастотного випромінювання слід виконувати у наступних частотних діапазонах за визначеннями ДСТУ 3254-95 [11]:

- дуже високі частоти (далі – ДВЧ) – радіочастота 30-300 МГц;
- ультрависокі частоти (далі – УВЧ) – радіочастота 300-3000 МГц;
- надвисокі частоти (далі – НВЧ) – радіочастота 3-30 ГГц.

Слід зазначити, що при впливі радіочастотного випромінювання на вимірювальну апаратуру, у складі якої застосовані ІМС, процеси, що виникають у напівпровідникових та діелектричних плівкових мікроструктурах визначаються прикладеними напругами та наведеними струмами, величина яких залежить від геометричних розмірів цих мікроструктурних елементів та їх орієнтації відносно спрямованості електромагнітного поля, так званого поляризаційного фактору та так званого «антенного» механізму впливу. Суттєве значення для визначення ступіню впливу на роботу всієї схеми мають також зовнішні елементи, що забезпечують роботу цієї ІМС. Тобто, так би мовити «вразливість», або міра впливу на ПО певної конструкції із застосуванням ІМС разом з радіоелементами зовнішньої схеми, у складі якої працює ІМС, має бути досліджена у кожному випадку через наявну невизначеність, яка існує не тільки завдяки певного конструктивного виконання (в тому числі монтажного), а й завдяки існуванню невизначеності характеристик електромагнітного поля впливу, утвореного конкретним джерелом з параметрами, які визначають його потужність, або здатність створити напруженість поля, більшу за допустиму (нормативно встановлену); через невизначеність напрямку випромінювання, що обумовлений діаграмою направленості антенного пристрою; ступенем поляризації; відстанню тощо. Саме тому для виробників електронних лічильників встановлені певні вимоги, що повинні бути реалізовані у конкретному конструктивному виконанні для уникнення впливу від зовнішніх чинників. Вимоги щодо електромагнітної сумісності, які встановлені до ПО, передбачають відсутність впливу електромагнітних завад поміж інших і від радіочастотного випромінювання електромагнітного поля. Зокрема галузевим стандартом СОУ-Н МПЕ 40 1 35 110-2005 встановлені наступні вимоги: *«Лічильники електронні повинні бути стійкими до впливу радіозавад від іскрових розрядів напругою до 15 кВ через повітряний зазор, створюваних, наприклад, при роботі електро побутових приладів. Після припинення їх дії на працюючий лічильник:*

*– покази лічильника не повинні мати спричинених цим впливом додаткових змін, більших ніж 0,1 кВт·год, а на випробувальному виході не повинно утворюватись більше, ніж відповідне цьому число імпульсів;*

– лічильник не повинен зазнавати пошкоджень, а основна похибка повинна залишатися в границях нормованих значень» [12].

Граничне значення напруженості електромагнітного поля, що змінюється у радіочастотному діапазоні протягом тривалого часу за вимогами ДСТУ EN 50470-3:2010, при якому виробник приладу обліку має дотриматись обліку електричної енергії з певною похибкою (для відповідного класу точності), не повинно перевищувати 10 В/м [13].

Існування невизначеностей у дослідженні впливу радіочастотного електромагнітного випромінювання на досліджуваний прилад обліку походить насамперед з будови ПО, що досліджується, та характеристик електромагнітного поля впливу, утвореного конкретним джерелом випромінювання. У випадку наявності радіочастотного випромінювання електромагнітного поля у ДВЧ–УВЧ–НВЧ діапазоні означені чинники є умовою невідповідної роботи електромонтажної схеми досліджуваного ПО з порушенням відповідного обліку електричної енергії, але оскільки досягнення електричного потенціалу у мікроструктурах (плівках, шарах) ІМС, за існування означених невизначеностей, є невідомим за замовчуванням, тому висновок експерта за цих умов може носити тільки вірогідний характер. Наведене означає, що дослідження можливості джерела до утворення радіочастотного випромінювання зі значенням напруженості поля більше ніж 10 В/м в зоні конструктивного розміщення ІМС досліджуваного ПО слід проводити з урахуванням обставин, які визначають такий стан «речову» обстановку досліджуваної події впливу, а саме: місця встановлення досліджуваного ПО, способу його встановлення (монтажу) у виконавчій електричній схемі обліку електричної енергії, а також за наявності (надання) пристрою радіочастотного випромінювання та даних про інші електромагнітні пристрої у наближеному до досліджуваного ПО просторі, відстані наближення, існування даних про проходження аварійних режимів в електроустановці споживача тощо. Встановлення у дослідженні зазначених фактичних даних та обставин, а також надання на дослідження приладу, що є джерелом радіочастотного випромінювання електромагнітного поля для постановки експертного досліду при лабораторних дослідженнях об'єктів дозволяє експерту дійти категоричного висновку про вплив радіочастотного електромагнітного випромінювання на відповідний облік спожитої електричної енергії досліджуваним ПО. Дослідження цих обставин передбачає визначення рівня радіочастотного випромінювання електромагнітного поля у місці встановлення досліджуваного ПО. ДСТУ ІЕС 61000-4-3:2007 [14] у Таблиці 1 надає випробувальні рівні радіочастотного випромінювання електромагнітного поля для пристроїв загальної призначеності, в тому числі і для електронних ПО (до яких вони відносяться), для проведення випробування на несприйнятливості їх до радіочастотних електромагнітних полів випромінювання. Третьюму рівню з напруженістю поля 10 В/м та понад 10 В/м відповідають такі класи електромагнітної обстановки:

– Клас 2: Обстановка із середнім рівнем електромагнітного випромінювання. Застосовуються малопотужні приймально-передавальні

пристрої (потужністю зазвичай менше ніж 1 Вт), але при цьому є обмеження стосовно їх застосування поблизу обладнання. Це типове комерційне середовище;

– Клас 3: Обстановка з високим рівнем електромагнітного випромінювання. Застосовуються портативні приймально-передавальні пристрої (потужністю 2 Вт і більше) відносно близько до обладнання, але не менш ніж 1 метр. Це потужні радіомовні передавачі, розташовані близько до обладнання, а також близько розташоване високочастотне промислове, наукове та медичне обладнання. Тобто, це типове промислове середовище.

Перший та другий рівень з напруженістю поля 1 та 3 В/м відповідно відноситься до Класу 1 електромагнітної обстановки.

– Клас 1: Обстановка з низьким рівнем електромагнітного випромінювання. Рівень випромінювання є типовими для радіо- та телевізійних станцій, розташованих на відстані понад 1 км, і за наявності малопотужних передавачів/приймачів.

Слід зазначити, що обстановка з низьким рівнем електромагнітного випромінювання (Клас 1) є типовою для побутового Споживача електричної енергії і не створює завад радіочастотного випромінювання з напруженістю поля понад 10 В/м, тому не впливає на відповідний облік електричної енергії досліджуванім ПО. Виявлення випадків блокування роботи ПО пристроями радіочастотного випромінювання електромагнітного поля у побутового Споживача електричної енергії в умовах обстановки з низьким рівнем випромінювання (Клас 1) з урахуванням нормативних вимог щодо улаштування вузлів обліку електричної енергії, якими не передбачено наявність у цьому вузлу обліку джерел випромінювання електромагнітного поля у радіочастотному діапазоні, потрібно кваліфікувати, як навмисне втручання у роботу досліджуваного ПО з метою необлікованого споживання електричної енергії побутовим споживачем. Означеного висновку експерт має змогу дійти тільки у разі виключення фактів існування аварійних режимів в електроустановці побутового споживача, що пов'язані з виникненням наближеного дугового розряду, або розряду блискавки, а також за даними, що виключають виконання зварювальних робіт у наближеній до досліджуваного ПО відстані, тобто існування дугового розряду електрозварки.

Випадки роботи досліджуваного ПО в обстановці з середнім та високим рівнем електромагнітного випромінювання для комерційного та промислового середовища потребує встановлення факту існування у Споживача електричної енергії певного комерційного чи технологічного обладнання, тому таке обладнання має бути зажаданим судовим експертом у відповідному клопотанні експертного провадження. Ненадання цього пристрою для проведення лабораторних або натурних досліджень дає підстави для виконання судовим експертом наступного оціночного розрахунку відстані від досліджуваного ПО до джерела радіочастотного випромінювання для потужності випромінювання 1 Вт та 2 Вт, які є

визначальними для Класу 2 та Класу 3 обстановки електромагнітного випромінювання відповідно.

З джерел науково-технічної інформації відомо, що потужність електромагнітного випромінювання визначається, як потік вектору густини електромагнітної енергії (вектору Умова-Пойнтінга) через довільну поверхню  $S$  за одиницю виміру часу, тобто

$$W = \int_S \vec{\Pi} dS \quad (1) [15, \text{с. } 52]$$

де,  $\vec{\Pi}$  – вектор Умова – Пойнтінга  $\vec{\Pi} = [\vec{E}, \vec{H}]$  є результатом векторного добутку;

$dS$  – елемент довільної поверхні  $S$ .

Відомо, що:  $E$  і  $H$  – напруженості електричного і магнітного полів в свободном пространстве.  $E$  і  $H$  связаны между собой следующим уравнением

$$E = \rho_{ce} H, \quad (2)$$

где  $\rho_{ce} = 377 \text{ Ом}$  – волновое сопротивление свободного пространства

Из этого следует

$$\Pi = 377 H^2 \quad (3)$$

или

$$\Pi = 2,65 \cdot 10^{-3} E^2 \quad (4) [16, \text{с. } 89]$$

Для поверхні в  $1 \text{ м}^2$  при допустимому значенні напруження електричного поля  $10 \text{ В/м}$ , коли відбувається фіксація впливу електромагнітного випромінювання у досліджуваному ПО (для випадку дослідження приладу обліку типу НІК 2303L АП1 МС Е), значення густини потоку електромагнітної енергії (модуль вектору Умова-Пойнтінга) становить  $0,265 \text{ Вт/м}^2$ . Розраховане значення може бути прийнятим для подальшого дослідження за умови прийняття наступних припущень:

– вектор Умова-Пойнтінга перетинає поверхню лічильника (датчика лічильника) рівномірно та перпендикулярний у будь-якій точці цієї поверхні, а розмір датчика дорівнює розміру поверхні лічильника;

– подальші розрахунки проводяться за умови, що випромінювання здійснюється при застосуванні ненаправленого вібратора півхвильового диполя – антени, що випромінює електромагнітні хвилі рівномірно в усіх напрямках у вільному просторі.

За наведених припущень можливо виконати оціночний розрахунок потужності випромінювання за формулою:

$$P = 4 \cdot \pi \cdot R^2 \cdot \Pi, \quad (5) [16, \text{с. } 89]$$

де,  $R$  – радіус сфери (відстань), м.

Виходячи зі значення потужності випромінювання  $1 \text{ Вт}$  та  $2 \text{ Вт}$ , що визначена попереду відповідно для Класу 2 та Класу 3 обстановки електромагнітного випромінювання можливо розрахувати відстань (радіус сфери випромінювання) від досліджуваного ПО до джерела радіочастотного випромінювання для двох значень потужності:

$$R_1 = \sqrt{\frac{\Pi}{4 \cdot \pi \cdot P}} = \sqrt{\frac{0,265}{4 \cdot \pi \cdot 1,0}} = 0,145 \text{ м} \quad (6)$$

$$R_2 = \sqrt{\frac{\Pi}{4 \cdot \pi \cdot P}} = \sqrt{\frac{0,265}{4 \cdot \pi \cdot 2,0}} = 0,103 \text{ м} \quad (7)$$

За результатами оціночного розрахунку можливо зробити узагальнення про граничну величину відстані наближення у просторі джерела радіочастотного випромінювання електромагнітного поля з напруженістю більш ніж 10 В/м до ПО, яка у досліджуваному випадку фіксує (завдяки оснащення ПО датчиком електромагнітного випромінювання у досліджуваному прикладі) вплив електромагнітного випромінювання, що здатне блокувати облік електричної енергії. Відстань розташування блокуючого джерела електромагнітного випромінювання до ПО у досліджуваному прикладі лежить у діапазоні від 100 до 150 мм. Порівняння результату розрахунку з габаритними розмірами типових електричних шаф (ввідних, розподільчих), що встановлені окремо, та типових електричних чарунок у складі розподільчих пристроїв, дозволяє зробити висновок, що розрахована у дослідженні відстань наближення джерела впливу, чи його випромінюючого (антенного) пристрою, до досліджуваного ПО є порівняно малою та є такою, що у переважній більшості випадків лежить в межах самої електричної шафи. Оскільки улаштування місць обліку електричної енергії є нормативно врегульованим (Правилами улаштування електроустановок та Кодексом комерційного обліку електричної енергії), можливо стверджувати, що фактичне розміщення (наявність) в межах електричної шафи з розрахунковим ПО, або у безпосередньому наближенні до нього, джерела радіочастотного випромінювання (чи його антени) з наведеними параметрами впливу виконано Споживачем навмисно з метою необлікованого споживання електричної енергії.

Для випадків наближеного, але зовнішнього (відносно електричної шафи з досліджуваним ПО) розташування джерела випромінювання, для надання категоричного висновку щодо блокування обліку електричної енергії суттєвим є дослідження способу монтажного улаштування вузла обліку електричної енергії. Встановлення у дослідженні факту виконання заземлення суцільної металеві електричної шафи виключає можливість блокування обліку електричної енергії у досліджуваного ПО через стікання заряду електричного поля. Проте, наявність такого екранування досліджуваного ПО у випадках конструктивного виконання електричної шафи з оглядовим отвором та при застосуванні пристрою радіочастотного випромінювання з антеною направленої дії (з вузькою діаграмою направленості) не є дієвим, а блокування обліку електричної енергії досліджуваного ПО, віднесених до першої та третьої груп класифікаційного поділу, може відбуватись. Класифікаційний поділ конструктивної будови ПО надається автором у дослідженні [9].

За результатами проведених досліджень у даній статті розроблено наступну методику виконання судових електротехнічних експертиз.

Методика проведення судових експертиз з питань визначення існування впливу радіочастотного електромагнітного випромінювання на досліджуваній прилад обліку з метою не облікованого споживання електричної енергії та завдань ідентифікації приладів радіочастотного випромінювання, як джерел впливу, які рекомендуються до застосування у судово-експертній практиці по етапах виконання дослідження разом з попередніми узагальненнями.



1. Встановлення класу електромагнітного випромінювання виконується судовим експертом на підставі наступних даних:

1.1 встановлення вичерпного переліку приладів, які є джерелами електромагнітного випромінювання, що оточують досліджуваний ПО в межах приміщення де він встановлений для проведення комерційного обліку спожитої електричної енергії. З'ясування функціонального призначення цих приладів (комерційне, виробниче, технологічне, наукове, що пов'язане з певними видами діяльності – встановлюється для Споживачів електричної енергії які не є побутовими). З'ясування необхідності розміщення цих приладів (технологічного обладнання) у приміщенні де встановлено досліджуваний ПО;

1.2 встановлення значення максимальної потужності кожного зі всіх наявних приладів, що є джерелами електромагнітного випромінювання;

1.3 встановлення діапазону радіочастотного випромінювання для кожного зі всіх наявних приладів, що є джерелами електромагнітного випромінювання;

1.4 встановлення режиму роботи кожного зі всіх наявних приладів, що є джерелами електромагнітного випромінювання: тривалий, короткочасний, повторно-короткочасний тощо. Встановлення режиму випромінювання: безперервний, або дискретний. Для останнього режиму роботи додатково встановлюється тривалість періоду випромінювання.

*Примітка.* Дані за п.п. 1.2, 1.3 та 1.4 визначаються за паспортними даними приладів, що є джерелами електромагнітного радіочастотного випромінювання, або на підставі протоколів вимірювання виконаних працівниками підрозділів Національної комісії, що здійснює державне регулювання у сфері зв'язку та інформатизації з нагляду за користуванням радіочастотним ресурсом України, які мають бути надані за відповідним клопотанням судового експерта.

2. Дослідження обставин монтажу досліджуваного ПО:

2.1 встановлення зовнішнім оглядом, або за даними, що надані за відповідним клопотанням судового експерта з визначенням відстані від кожного зі всіх наявних приладів, що є джерелами електромагнітного випромінювання та від їх антенних пристроїв до досліджуваного ПО;

2.2 виготовлення ескізу просторового розміщення досліджуваного ПО по відношенню до кожного зі всіх наявних приладів, що є джерелами електромагнітного випромінювання;

2.3 встановлення всіх фактів монтажного улаштування досліджуваного ПО в електричній шафі, конструктивного виконання електричної шафи (суцільна або з оглядовим вікном), матеріалу електричної шафи (полімерна або металева), геометричних розмірів шафи, існування заземлення металевої шафи тощо;

2.4 встановлення групи конструктивного виконання досліджуваного ПО (1-а, 2-а або 3-я) за поділом, що надається у дослідженні статті: Окремі особливості виконання судових експертиз за досліджуваним напрямком, що встановлені С. В. Рогаліним, І. В. Богданюком та А. А. Лисим [9].

3. Встановлення фактів існування джерел радіочастотного випромінювання, які не є приладами, але могли існувати (виникнути) за певних умов у досліджуваній період часу внаслідок фізичних процесів в електроустановці, а також внаслідок дій Споживача електричної енергії, або сторонніх осіб, та які не мали спрямування на необліковане споживання електричної енергії:

3.1 встановлення фактів існування дугового розряду, що виник внаслідок аварійного режиму в місці електроустановки, що є наближеною до розташування досліджуваного ПО в місці його встановлення у Споживача;

3.2 встановлення фактів існування грозового розряду, що виник в місці електроустановки, що є наближеною до розташування досліджуваного ПО в місці його встановлення у Споживача;

3.3 встановлення фактів виконання електрозварювальних робіт в місці, що є наближеною до розташування досліджуваного ПО в місці його встановлення у Споживача.

*Примітка.* Встановлення фактів існування джерел радіочастотного випромінювання, які не є приладами для використання Споживачем електричної енергії або сторонніми особами з метою необлікованого споживання електричної енергії за п.п. 3.1, 3.2 та 3.3 виконуються з отриманням лінійних розмірів відстані від таких джерел до досліджуваного ПО з метою порівняння у дослідженні цієї відстані з нормативною відстанню 100-150 мм (половина діаметру випробувальної петлі), при якій проводиться випробування приладів обліку за вимогами СОУ-Н МПЕ 40 1 35 110-2005 (діаметр петлі 200-300 мм).

4. Організація та виконання експертного дослідження для отримання даних щодо існування впливу радіочастотного випромінювання на нормальну роботу досліджуваного ПО.

4.1 вимірювання аналізатором спектру електромагнітного випромінювання із застосуванням широкопasmової антени у полосі частот ДВЧ–УВЧ–НВЧ діапазонів з визначенням робочих частот випромінювання у спектрі;

4.2 вимірювання напруженості електромагнітного поля та рівня потужності випромінювання ненаправленим (ізотропним) датчиком з фіксацією відстані до досліджуваного ПО. Встановлення значення фактичної напруженості електромагнітного поля в функції відстані по координатних осях (досліджуваних напрямках). Побудова графіків функції за серією проведених вимірів.

*Примітка.* Дослідження та отримання даних за цим етапом дослідження виконується судовим експертом тільки у випадках надання йому вилученого приладу для проведення лабораторних досліджень щодо існування означеного впливу.

5. Виконання розрахункової частини дослідження проводиться судовим експертом на підставі вихідних даних, отриманих за результатами попередніх етапів дослідження та тільки у випадках, коли джерело радіочастотного випромінювання є невизначеним або не наданим для проведення лабораторних досліджень за відповідним клопотанням у судово-

експертному провадженні для встановлення існування впливу випромінювання на досліджуваний ПО при обліку спожитої електричної енергії. Дана частина дослідження виконується як оціночний розрахунок з визначенням потужності ймовірного джерела випромінювання та/або відстані до досліджуваного ПО на підставі виразів (4), (5), (6), (7) для фіксованих значень напруженості електричного поля, для граничного значення напруженості 10 В/м та значення, що перевищує граничне значення.

6. Аналізом даних, отриманих за результатами наведених етапів дослідження, при застосуванні положень даної статті та на підставі нормативних вимог за досліджуваними питаннями, – судовим експертом надається висновок за експертним завданням щодо визначення існування впливу радіочастотного випромінювання на досліджуваний ПО з метою необлікованого споживання електричної енергії, визначення ймовірного джерела радіочастотного випромінювання у випадках, коли джерело випромінювання не надано для проведення інструментальних досліджень, або висновок про приналежність досліджуваного випромінювання до випадкового чи штучно утвореного, тобто такого чинника, який є утвореним навмисно з метою необлікового споживання електричної енергії.

7. Верифікація висновку за результатами дослідження проводиться судовим експертом на підставі даних про споживання електричної енергії з журналу подій досліджуваного ПО за розрахункові періоди, які віднесені до досліджуваного періоду часу та у аналогічні періоди часу, коли облік споживання електричної енергії вважається належним. Відповідні дані з журналу подій мають бути зажадані судовим експертом у його клопотанні про надання додаткових матеріалів.

**Висновки.** Визначено механізм впливу радіочастотного електромагнітного випромінювання та визначені конструктивні елементи приладів обліку, чутливі до дії такого випромінювання.

Визначені умови, при яких висновок щодо втручання у роботу приладу обліку з метою не облікованого споживання електричної енергії може носити категоричний характер. Розроблені рекомендації щодо визначення джерела радіочастотного випромінювання, як ймовірного, у випадках, коли джерело не надано для проведення інструментальних досліджень у експертних провадженнях з дослідження втручання у роботу приладу обліку з метою не облікованого споживання електричної енергії.

За результатами проведених досліджень у даній статті розроблено методику проведення судових експертиз з питань визначення існування впливу радіочастотного електромагнітного випромінювання на досліджуваний прилад обліку з метою не облікованого споживання електричної енергії та завдань ідентифікації приладів радіочастотного випромінювання, як джерел впливу.

#### Перелік посилань

1. Правила роздрібного ринку електричної енергії: затв. Постановою НКРЕКП 14.03.2018 № 312 [Чинний від 27.07.2019] URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/>

#### References

1. Rules of the retail electricity market: Approved by the Resolution of the National Commission for Regulation of Economic Competition 14.03.2018 No. 312 [Effective

- v0312874-18. (дата звернення 21.01.2021). from 27.07.2019] Retrieved from: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/v0312874-18>. (in Ukrainian).
2. Кодекс комерційного обліку електричної енергії: затв. Постановою НКРЕКП 14.03.2018 № 311 [Чинний від 26.03.2020]. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/v0311874-18>. (дата звернення 21.01.2021).
2. Code of commercial accounting of electricity: Approved by the Resolution of the National Commission for Regulation of Economic Competition 14.03.2018 No. 311. [Effective from 26.03.2020]. Retrieved from: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/v0311874-18>. (in Ukrainian).
3. Методика дослідження засобів обліку електричної енергії та схем їх підключення з метою вирішення діагностичних завдань (реєстраційний номер 0.1.21). URL: <http://rmpse.minjust.gov.ua/page/1>. (дата звернення 21.01.2021).
3. Methods of research of means of the account of electric energy and schemes of their connection for the purpose of the decision of diagnostic tasks (registration number 0.1.21). Retrieved from: <http://rmpse.minjust.gov.ua/page/1>. (in Ukrainian).
4. Карпов И. Н. Экранирование радиоэлектронной аппаратуры. *Политехнический молодежный журнал*. 2019. № 06. URL: <http://ptsj.ru/articles/489/489.pdf>. (дата звернення 21.01.2021).
4. Karpov, I. N. (2019). Shielding of electronic equipment. *Polytechnic youth magazine*. No. 06. Retrieved from: <http://ptsj.ru/articles/489/489.pdf>. (in Russian).
5. Полонский Н. Б. Конструирование электромагнитных экранов для радиоэлектронной аппаратуры. Москва, 1979. 216 с.
5. Polonskii, N. B. (1979). Design of electromagnetic shields for radio-electronic equipment. Moscow. 216 p. (in Russian).
6. Шапиро Д. Н. Основы теории электромагнитного экранирования. Ленинград, 1975. 112 с.
6. Shapiro, D. N. (1975). Fundamentals of the theory of electromagnetic shielding. Leningrad. 112 p. (in Russian).
7. Дмитрієв В. О., Хоша В. В., Нікітюк В. Г., Нетреба О. І. Проблеми проведення експертних досліджень електронних приладів і систем обліку електричної енергії. *Теорія та практика судової експертизи і криміналістики*: зб. наук. пр. Харків, 2011. Вип. 11. С. 677-684. URL: [https://www.hniise.gov.ua/user\\_files/File/sbornik/2011/Dmitriev.pdf](https://www.hniise.gov.ua/user_files/File/sbornik/2011/Dmitriev.pdf). (дата звернення 11.08.2021).
7. Dmytriiev, V. O., Khosha, V. V., Nikitiuk, V. H., Netreba, O. I. (2011). Problems of conducting expert research of electronic devices and electricity metering systems. *Theory and Practice of Forensic Science and Criminalistics*. Kharkiv. Issue. 11. P. 677-684. Retrieved from: [https://www.hniise.gov.ua/user\\_files/File/sbornik/2011/Dmitriev.pdf](https://www.hniise.gov.ua/user_files/File/sbornik/2011/Dmitriev.pdf). (in Ukrainian).
8. Лебеденко Ю. О., Омельчук А. А., Крайнов В. Є. Протидія впливу високочастотного випромінювання на прилади обліку електричної енергії. *Вісник Херсонського національного технічного університету*. 2016. № 3. С. 118-122.
8. Lebedenko, Yu. O., Omelchuk, A. A., Krainov, V. Ie. (2016). Counteracting the impact of high-frequency radiation on electricity meters. *Bulletin of the Kherson National Technical University*. No. 3 (58). С. 118-122. (in Ukrainian).

9. Rohalin S., Bohdaniuk I., Lăsâi A. Features of performing expert researches on electricity meters that have been exposed to radiofrequency electromagnetic radiation. *Теорія та практика судової експертизи і криміналістики*: зб. наук. пр. Харків, 2021. Вип. 23. С. 270-289. URL: <https://khrife-journal.org/index.php/journal/issue/view/9/23-2021>. (дата звернення 11.08.2021).

10. Ключник А. В., Пирогов Ю. А., Солодов А. В. Методические аспекты исследования стойкости интегральных микросхем в электромагнитных полях импульсного радиоизлучения. *Журнал радиоэлектроники*. 2010. № 8. URL: <http://jre.cplire.ru/jre/aug10/3/text.html>. (дата звернення 21.01.2021).

11. ДСТУ 3254-95 Радиосвязь. Термины и определения [Чинний від 01.07.1996] URL: [http://online.budstandart.com/ru/catalog/doc-page.html?id\\_doc=72635](http://online.budstandart.com/ru/catalog/doc-page.html?id_doc=72635). (дата звернення 21.01.2021).

12. СОУ-Н МРЕ 40 1 35 110-2005 Додаткові вимоги до засобів обліку електроенергії, спрямовані на запобігання несанкціонованому втручанню в їх роботу [Чинний від 12.09.2005] URL: [http://online.budstandart.com/ru/catalog/doc-page.html?id\\_doc=28386](http://online.budstandart.com/ru/catalog/doc-page.html?id_doc=28386). (дата звернення 11.08.2021).

13. ДСТУ EN 50470-3:2010. Засоби вимірювання електричної енергії змінного струму. Частина 3. Спеціальні вимоги. Лічильники активної енергії статичні (класів точності A, B і C) (EN 50470-3:2006, IDT) [Чинний від 01.07.2012]. URL: [http://online.budstandart.com/ru/catalog/doc-page.html?id\\_doc=54740](http://online.budstandart.com/ru/catalog/doc-page.html?id_doc=54740). (дата звернення 11.08.2021).

14. ДСТУ IEC 61000-4-3:2007. Електромагнітна сумісність. Частина 4-3. Методи випробування та вимірювання. Випробування на несприйнятливність до радіочастотних електромагнітних полів випромінювання (IEC 61000-4-3:2006, IDT) [Чинний від 01.10.2007] URL: [http://online.budstandart.com/ru/catalog/doc-page.html?id\\_doc=52800](http://online.budstandart.com/ru/catalog/doc-page.html?id_doc=52800). (дата звернення 21.01.2021).

9. Rohalin, S., Bohdaniuk, I., Lăsâi A. (2021). Features of performing expert research on electricity meters that have been exposed to radiofrequency electromagnetic radiation. *Theory and Practice of Forensic Science and Criminalistics*. Kharkiv. Issue 23. P. 270-289. Retrieved from: <https://khrife-journal.org/index.php/journal/issue/view/9/23-2021>. (in English).

10. Kliuchnik, A. V., Pirogov, Yu. A., Solodov, A. V. (2010). Methodological aspects of the study of the resistance of integrated circuits in electromagnetic fields of pulsed radio emission. *Journal of Radio Electronics*. No. 8. Retrieved from: <http://jre.cplire.ru/jre/aug10/3/text.html>. (in Russian).

11. DSTU 3254-95 Radio communication. Terms and definitions [Effective 01.07.1996] Retrieved from: [http://online.budstandart.com/ru/catalog/doc-page.html?id\\_doc=72635](http://online.budstandart.com/ru/catalog/doc-page.html?id_doc=72635). (in Ukrainian).

12. SOU-N MPE 40 1 35 110-2005 Additional requirements for electricity metering devices aimed at preventing unauthorized interference with their work [Effective September 12, 2005] Retrieved from: [http://online.budstandart.com/ru/catalog/doc-page.html?id\\_doc=28386](http://online.budstandart.com/ru/catalog/doc-page.html?id_doc=28386). (in Ukrainian).

13. DSTU EN 50470-3:2010. Means of measuring electrical energy of the alternating current. Part 3. Special requirements. Static energy meters (static accuracy classes A, B and C) (EN 50470-3: 2006, IDT) [Effective 01.07.2012]. Retrieved from: [http://online.budstandart.com/ru/catalog/doc-page.html?id\\_doc=54740](http://online.budstandart.com/ru/catalog/doc-page.html?id_doc=54740). (in Ukrainian).

14. DSTU IES 61000-4-3:2007. Electromagnetic compatibility. Part 4-3. Test and measurement methods. Tests for immunity to radiofrequency electromagnetic fields of radiation (IEC 61000-4-3: 2006, IDT) [Effective from 01.10.2007]. Retrieved from: [http://online.budstandart.com/ru/catalog/doc-page.html?id\\_doc=52800](http://online.budstandart.com/ru/catalog/doc-page.html?id_doc=52800). (in Ukrainian).

15. Никольский В. В., Никольская Т. И. Электродинамика и распространение радиоволн. Москва, 1989. 544 с.
15. Nikolskii, V. V., Nikolskaia, T. I. (1989). Electrodynamics and propagation of radio waves. Moscow. 544 p. (in Russian).
16. Никольский Б. А. Бортовые радиоэлектронные системы / Минобрнауки России, Самар, гос. аэрокосм, ун-т им. С. П. Королева (нац. исслед. ун-т). Самара, 2013. 417 с.  
URL: <http://repo.ssau.ru/bitstream/Uchebnye-posobiya/Bortovye-radioelektronnye-sistemy-Elektronnyi-resurs-elektron-ucheb-54583/1/Никольский%20Б.А.%20Бортовые.pdf>. (дата звернення 21.01.2021).
16. Nikolskii, B. A. (2013). Onboard electronic systems. Samara. 417 p. Retrieved from: <http://repo.ssau.ru/bitstream/Uchebnye-posobiya/Bortovye-radioelektronnye-sistemy-Elektronnyi-resurs-elektron-ucheb-54583/1/Никольский%20Б.А.%20Бортовые.pdf>. (in Russian).

### **METHODS OF IMPLEMENTATION OF EXPERT STUDIES OF ELECTRICITY MEASURING DEVICES EXPOSED TO THE IMPACT OF RADIO-FREQUENCY ELECTROMAGNETIC RADIATION**

**S. Rohalin**

Investigation of the influence of electromagnetic radiation on the operation of electronic metering devices for electricity is one of the demanded areas of forensic electrical engineering expertise. However, the scientific and practical study of this area of forensic research does not coincide with modern requirements. The study of the influence of electromagnetic radiation of the radio frequency range on the operation of electronic metering devices for electricity, as well as the identification of such radiation as accidental or intentionally created for the purpose of unaccounted consumption of electricity, are relevant.

The article systematizes the requirements established by regulatory documents for the stability of the operation of metering devices for electricity when exposed to radiofrequency electromagnetic radiation. The mechanism of the influence of radiofrequency electromagnetic radiation on electric energy metering devices and the constructive elements of metering devices sensitive to the effects of such radiation is determined.

A list of the necessary initial data for conducting forensic examinations on the determination of the impact of radiofrequency electromagnetic radiation on the investigated metering device and the tasks of identifying radiofrequency radiation devices as an effect is indicated. Conditions are determined under which the conclusion about interference in the operation of the metering device for the purpose of unaccounted electricity consumption may be categorical. Recommendations have been developed to determine the source of radiofrequency radiation as probable in cases where the source is not provided for instrumental research in expert proceedings to study the interference in the operation of the metering device.

A methodology has been developed for conducting forensic examinations on the issues of determining the existence of the impact of radiofrequency electromagnetic radiation on the investigated metering device for the purpose of unaccounted consumption of electrical energy and the tasks of identifying radiofrequency radiation devices as sources of influence. The developed methodology is recommended for

use in forensic practice according to the stages of the study, together with the provisions and generalizations set out in the article.

**Key words:** electric energy metering device, interference in the operation of the metering device, electromagnetic radiation, radiation frequency, electric field, electric field strength, electromagnetic field, Umov-Poynting vector, radiation power, classes of electromagnetic environment.

DOI: <https://doi.org/10.33994/kndise.2022.67.51>

УДК 343.98:622.817 (571.17)

**Ярослав Анатолійович Крупка**  
судовий експерт  
відділу електротехнічних, пожежно-технічних та досліджень  
з питань безпеки життєдіяльності

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9811-7252>

E-mail: [epe@ukr.net](mailto:epe@ukr.net)

*Одеський науково-дослідний інститут судових експертиз  
Міністерства юстиції України*

**Олена Леонідівна Зав'ялова**  
кандидат технічних наук, доцент,  
доцент кафедри «Природоохоронна діяльність» факультету  
машинобудування, екології та хімічних технологій

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2834-5900>

E-mail: [elenazavialova63@gmail.com](mailto:elenazavialova63@gmail.com)

**Віктор Климентович Костенко**  
доктор технічних наук, професор,  
завідувач кафедри «Природоохоронна діяльність»  
факультету машинобудування, екології та хімічних технологій

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8439-6564>

E-mail: [vk.kostenko@gmail.com](mailto:vk.kostenko@gmail.com)

*ДВНЗ «Донецький національний технічний університет»*

**Тетяна Вікторівна Костенко**  
доктор технічних наук, професор,  
професор кафедри безпеки об'єктів будівництва та охорони праці  
Черкаського інституту пожежної безпеки ім. Героїв Чорнобиля

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9426-8320>

E-mail: [kostenko\\_tetiana@chipb.org.in](mailto:kostenko_tetiana@chipb.org.in)

*Національний університет цивільного захисту України*