Міністерство освіти і науки України

Харківський національний університет імені В. Н. Каразіна

Навчально-науковий інститут комп’ютерної фізики та енергетики

Кафедра фізики нетрадиційних енерготехнологій та екології

Пояснювальна записка

до дипломної роботи

за освітньо-кваліфікаційним рівнем «бакалавр»

на тему: **«ДОСЛІДЖЕННЯ ФОНОВОГО ЕЛЕКТРОМАГНІТНОГО ПОЛЯ НА ТЕРИТОРІЇ ХОЛОДНОГІРСЬКОГО РАЙОНУ МІСТА ХАРКОВА»**

Виконав : студент 4 курсу, групи НФ-41

Кулинич Богдан Анатолійович

Спеціальність 105 Прикладна фізика та наноматеріали

Освітня програма: прикладна фізика енергетичних систем

Керівник д-р фіз.-мат. наук, професор

Пелехатий Микола Михайлович

Харків - 2022 рік

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

Харківський національний університет імені В.Н.Каразіна

Інститут Навчально-науковий інститут комп'ютерної фізики та енергетики
Кафедра фізики нетрадиційних енерготехнологій та екології
Рівень вищої освіти (освітньо-кваліфікаційний рівень) бакалавр
Спеціальність 105. «Прикладна фізика та наноматеріали»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

_____ **О.П. Кулик**
підпис ініціали, прізвище

"____"
_____2022__року

З А В Д А Н Н Я
НА ДИПЛОМНУ РОБОТУ (ПРОЕКТ)

Кулинич Богдан Анатолійович
(прізвище, ім'я, по батькові студента)

1. Тема роботи «Дослідження фонового електромагнітного поля на частині території Холодногірського району м. Харкова»

керівник роботи Пеліхатий М.М., професор, доктор ф.-м. наук
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом по університету від "___"_____20__ року №___

2. Строк подання студентом роботи_____

3. Перелік питань, які потрібно розробити:
Аналіз літератури щодо основних джерел фонових електричних полів промислового діапазону частот. Аналіз нормативних документів відносно гранично допустимих рівнів фонових електричних полів від різних джерел, що розроблені на Україні та в інших державах. Вивчення принципу дії та роботи

сучасних вимірювачів напруженості фонового електричного поля промислової частоти. Безпосереднє проведення вимірювань напруженості фонового електричного поля промислової частоти. Аналіз результатів вимірювань за допомогою сучасних методів математичної статистики з застосуванням відповідних комп'ютерних програм. Моделювання процесів формування фонового електричного поля від різних джерел.

4. План роботи

№ з/п	Назви етапів роботи
1.	Аналіз літератури щодо основних джерел фонових електричних полів промислового діапазону частот та відповідних нормативних документів
2.	Вивчення принципу дії та роботи сучасних вимірювачів напруженості фонового електричного поля промислової частоти
3.	Підготовка плану проведення вимірювань
4.	Первинна статистична обробка результатів вимірювань
5.	Розрахунково-теоретичне дослідження основних джерел фонового електричного поля промислової частоти
6.	Формулювання висновків

5. Дата видачі завдання_____

Студент _____ _____ **Б.А. КУЛИНИЧ**
підпис ініціали, прізвище

Керівник роботи _____ _____**М.М. ПЕЛІХАТИЙ**
підпис ініціали, прізвище

Реферат

Кулинич Богдан Анатолійович «Дослідження фонового електромагнітного поля на частині території Холодногірського району м. Харкова» (випускна робота бакалавра). – Харків: ХНУ імені В. Н. Каразіна, 2022 – 41 с.

Робота складається з вступу, трьох розділів, висновків; містить 6 рисунків, 9 таблиці, список використаних джерел з 12 найменувань.

Проведено роботу вивчення принципу дії та роботи сучасних вимірювачів напруженості фонового електричного поля промислової частоти. Безпосереднє проведення вимірювань напруженості фонового електричного поля промислової частоти. Аналіз результатів вимірювань за допомогою сучасних методів математичної статистики з застосуванням відповідних комп'ютерних програм. Моделювання процесів формування фонового електричного поля від різних джерел.

Ключові слова: електромагнітне поле, напруженість, електричний фон.

Abstract

Kulynych Bohdan Anatoliyovych "The studying of the background electromagnetic field of the Kholodnogorsk district of Kharkiv" (bachelor's thesis). - Kharkiv: V.N. Karazin KhNU, 2022 - 41 p.

The work consists of an introduction, three chapters, conclusions; contains 6 figures, 9 tables, a list of used sources of 12 items.

The work of studying the principle of operation and operation of modern meters of background electric field strength of industrial frequency is carried out. Direct measurements of the background electric field strength of industrial frequency. Analysis of measurement results using modern methods of mathematical statistics using appropriate computer programs. Modeling of processes of formation of background electric field from various sources.

Key words: electromagnetic field, voltage, electric background

ЗМІСТ

ВСТУП 7
Ціль 16
Матеріали і методи досліджень. 17
Результати та їх обговорення 19
Висновки 37
Література 38
Додаток № 1 40

ВСТУП

Через значний розвиток людства на Землі ,до природних електромагнітних полів додались штучні ,які створені людьми а саме: найперше це високовольтні лінії електропередач,телебачення ,інтернет ,раріомовлення і іншію

ВООЗ вперше використала таке поняття ,як «електромагнітне забруднення навколишнього середовища сталося це в 1995 році. В свою чергу, ЮНЕП в декларації 1997р виділяло,що електромагнітне поле (ЕМП) є біологічно активним, а в окремих випадках біотропним фактором,який схильний створювати патологічні зміни в людському організмі. Про цей факт також було сказано в міжнародном проекті ВООЗ по електромагнітних полях в 2002 році. В загальному обсязі на протязі останніх 35 років було приблизно 26000 статей про неіонізуюче впромінювання та проблеми з біологічними ефеками.

Скрізь де існують негативні або позитивні заряди є електричні поля.Виміряти їх можнав у величинах сили і напруженості електр поля одиницею вимірювання є вольт метр(В / м). Проводити електричний струм(тобто створювати електричне поле) може що завгодно ,якщо знаходиться під напругою.І чим ближче тіло до джерела заряду, тим сильніше буде електромагнітне поле на нього діяти.Найбільші показники електричних полів спостерігаються

безпосередню біля джерела струму і електричних проводів під напругою. Але з іншої сторони провідники служать і як гарний захист від електромагнітних полів .а от такі матеріали як: бетон,дерево,скло, цегла можуть забезпечити лише не повний захист.

Тому, електромагнітні випромінювання, що виникають у будинках, на підприємствах і т.д. буде частково знижене, а випромінювання, що утворені, безпосередньо , лініями електропередач , за рахунок тих самих стін і іншого , в середені приміщень будут зниженні.

В Конвенція Міжнародного союзу електрозв'язку декларації і статуту Міжнародного союзу електрозв'язку в Женеві (22 грудня 1992 г.) про використання мовлення завдяки супутникам говорить, що радіочастоти є обмеженим природним ресурсом,що належать усім народам на планеті і їх вільне користання регулюється тільки конвенцією. Затверджений від 15 липня 1994 Законом України , електромагнітний спектр розділяється на 12

частотних діапазонів до 3 ТГц .Поділяються радіохвилі на d-діапазони в межах від 0,3 · 10N Гц до 3 · 10N Гц ВСі ці діапазони наведені в таблиці.1.

Частотні діапазони електромагнітного випромінювання

Номер діапазону	Діапазон частот	Вид радіохвиль	Вид радіочастот
1.	3 – 30 Гц	декамегаметрові	вкрай низькі
2.	30 – 300 Гц	мегаметрові	Наднизькі
3.	0,3 – 3 кГц	гектокілометрові	інфранизькі
4.	3 – 30 кГц	міріаметрові	дуже низькі
5.	30 – 300 кГц	кілометрові	Низькі
6.	0,3 – 3 МГц	гектометрові	Середні
7.	3 – 30 Мгц	декаметрові	Високі
8.	30 – 300 МГц	Метрові	дуже високі
9.	0,3 – 3 ГГц	дециметрові	ультрависокі
10.	3 – 30 ГГц	сантиметрові	Надвисокі
11.	30 – 300 ГГц	міліметрові	вкрай високі
12.	300 – 3000 ГГц	децимініметрові	гіпервисокі

Електрика мережі ,електроприлади,випромінюють дуже значну кількість електромагнітної енергіїї,і вони є джерелами полів КНЧ.Джереламми РЧ полів є мікрохвильові,антени, і звичайно ж радіо пристрої це джерела РЧ полів. Усі ці поля індукують електричний струм у організмі, тим самим спричиняють шкідливі ефекти, такі як електричний шок! Таке може статися тільки, якщо зовнішні поля будуть набагато перевищувати ті, що присутні у природі.Монітори комп’ютерів, сигналізація від машини і інші є джерелами полів СЧ є монітори комп’ютерів, сигналізація від машини і т.і

Можна задатися питанням у чому проявляється електромагнітне випромінювання?Дещо поглинається навколишнім середовищем: різними навколишніми об'єктами, атмосферою, і також біологічними об'єктами.Решта з них йде в космічний простір.

Глобально небезпечним рівень електромагнітного забруднення поки ще не став , якщо не звертати уваги, продовжує рости рівень радіотелефонії , як загальний вплив всіх випромінь на всій Землі. Але вазгалі це випромінювання знаходиться в основному поблизу джерел і виникає в періоди роботи випромінюючих засобів. Останні 15 років почали сильно розвиватися і використовуватися пристрої, що випромінюють електромагнітні поля . З появою радіозв'язку і радіомовлення почався розвиткок ЕМП довгохвильового діапазону в цьому діапазоні. Згодом ТВ почало свій розвиваток і діапазон довжини хвиль став скорочюватся. По мірі розвитку радіонавігації і радіолокації стали активно використовуватись діапазони УКВ, УВЧ і також сантиметрових хвиль.

Особливу увагу слід приділити питанням електромагнітної екології, що стало актуальним із розвитком різних технічних засобів.

По-перше впровадження складної електронної побутової техніки, персональних комп'ютерів і інших досягнень нової техніки.По-друге-підвищення енергетичного потенціалу технічних заходів за рахунок збільшення потужності пристроїв і передавачів, підвищення ефективності передавальних антен для телекомунікацій та їх територіальної концентрації . Третій-це збільшення кількості випромінюючих пристроїв за рахунок технічного розвитку і більш щільного заповнення смуг частот, розширення радіо- і радіомережі, збільшення кількості телеканалів і інших послуг.

В даний час спостерігається погіршення екологічної обстановки,і здоровя людини саме за допомогою електромагнітного фактора.

Джерелами електромагнітного випромінювання, яке вражає людину, є :

• лінії електропередач;

• у сфері радіомовлення та радіостанцій (мобільні телефони, радіо і Wi-Fi роутери)

• електропроводка і різні електроприлади (телевізор, комп'ютер, мікрохвильова піч, фен, електрична духовка, холодильник, пральна машина, кондиціонер, настільна лампа, електрочайник, праска і ін.).

• електростанції і трансформаторні підстанції;

Людсьський організм адаптується до різноманітних впливів навколишнього середовища. Постійні зміни це - частина нашого життя. Але незворотні зміни створюють тривалий стрес для організму, можуть становити загрозу для здоров'я.

Можна розглянути найбільш важливі постанови ВООЗ про вплив ЕМП на людьське здоровя:

1. Ряд чинників навколишнього середовища викликають біологічні ефекти. «Біологічні ефекти» і «ризики для здоров'я» - це не одне і те ж. Необхідні спеціальні дослідження для виявлення і оцінки ризиків для здоров'я.

2. На низьких частотах зовнішні електричні і магнітні поля викликають слабкі струми, що циркулюють в тілі людини. Практично у всіх нормальних умовах рівень індукованих струмів в організмі занадто низький, щоб викликати очевидні наслідки.

3. Основна дія електромагнітного поля - нагрівання внутрішніх тканин тіла.

4. Немає сумнівів в тому, що короткочасний вплив дуже сильних електромагнітних полів може бути шкідливим для здоров'я. Сьогодні громадськість стурбована в першу чергу довгостроковими несприятливими наслідками для здоров'я від впливу ЕМП, які менше, ніж ті, які пов'язані з гострими біологічними реакціями.

5. Міжнародний проект ВООЗ EMF International Project був ініційований ВООЗ з метою отримання науково обґрунтованих та об'єктивних відповідей на питання, що представляють суспільний інтерес, щодо можливих загроз здоров'ю від електромагнітних полів низького рівня [15].

6. Незважаючи на масштабні дослідження, на сьогоднішній день немає доказів, що дозволяють зробити висновок про те, що вплив електромагнітних полів низького рівня шкідливо для здоров'я людини.

7. Міжнародні дослідження зосереджені на можливі зв'язки між раком і промисловими і радіочастотними електромагнітними полями.

В Україні діють «Санітарні норми і норми захисту населення від впливу електромагнітного випромінювання», затверджені Наказом МОЗ України від 1 серпня 1996 № 239 (ДБН 239- 96), зі змінами, затвердженими Наказом МОЗ України від 13.03.2017 № 266.

Згідно до цих стандартів максимально допустимий рівень (ГДК) - це такі значення напруженості електричного поля (ЕП):

- на території житлового масиву - 1 кВ / м;

- всередині житлових будинків - 0,5 кВ / м;

А от щоб відповісти собі на питання як саме діють ці поля на людину, треба розібратись як саме діють ці поля на провідники. Электропровідні матеріали нагрівють , шляхом впливу на розподіл електричних зарядів по поверхні матеріалу і в середині нього.Людина складається з води на вісімдесят відсотків (80%) , відповідно наш організм є хорошим електропровідником, і вона за рахунок цього робить нас дуже вразливими до електромагнітних полів.

Зона радіусом 20 метрів від ЛЕП 600 кВ та радіусом 30 метрів від ЛЕП 750 кВ є небезпечною та шкідливою для здоров’я людей. Допускається перебування людини у полі напруженістю до 5 кВ/м(кіловольт на метр) протягом робочого дня. Однак при перевищенні вищезазначеної напруженості , кількість допустимого часу вимірюється по формулі:

$$T=50/E-2,$$

де Е – напруженість ЕП у контрольованій зоні.

При напруженості ЕП від 20 до 25 кВ/м час перебування людини у цьому місці не повинен перевищувати 8 хвилин, а не допускається перебування людини у цьому місці без спеціального захисту при ЕП більшому за 25 кВ/м . Для захисту, людей що працюють з відкритими розподільними пристроями,

використовується екран. Екран це стальні канати , металевих решіток або сіток з кутової сталі, закріплених на рамі . Діаметр цих канатів та прутів не менше за 6 мм, дистанція між канатами 500 мм, а ячейки сітки екранів повинні бути не більше за 50 х 50 мма . Для правильного функціонування, екрани, заземлюють.Високе електромагнітне випромінювання локалізоване поблизу джерел та існує в період роботи цих технічних засобів.В останнє сторіччя з'явився і постійно зростає рівень радіофону, під яким враховують сумарний ефект усіх випромінюючих засобів планети, але рівень електромагнітного забруднення поки не перевищує небезпечної відмітки. Струм проходячи через тіло людини йде у землю ,але якщо такий вплив буде доволі сильним , це може призвести до серйозних порушень в організмі.У клітинах організму, його тканинах, органах та різних системах людини відбувається порушення (статева, імунна,ендокринна, нервова).

Наведу приклади нормованих та еквівалентних рівнів напруженості електричного поля та національних нормативів напруженості ЕП промислової частоти у таблицях:

Таблиця 1

Нормований та еквівалентний рівні напруженості електричного поля промислової частоти:

Організації	Короткочасне	8год\ 24 год	Щільність струму ,мА/м^2	Еквівалентне ЕП,кВ/м(без урахування коефіцієнта запасу)
ICNIRP Guidelines ,1998:				
персонал	-	10	10	25
населення	-	5	2	5

CENELEC персонал населення	30 -	10 10	10 4	30 12
IRPA персонал населення	10 5	30 10	- -	- -
Германія-BFE: персонал,що працює в МП персонал,що не працює в МП	30(1-2 год/день)	21.3 6.67	10 2	66.7 13.3
Великобританія-NRPB	-	12	10	21
США-ACGIH,персонал	-	25	10	25

Таблиця 2

Наведені національні нормативи напруженості ЕП промислової частоти.

Країна/Організація	Коментарі/Рекомендації по застосуванню допустимої величини	Граничне значення Напруженості електричного поля Е(кВТ/м)
Бельгія	У місцях,доступних для людей	10
	Перехрестя доріг	7

	Доступні нежитлові зони	5
Австрія	Рекомендований .Доспустимий розрядий струм 0.5мВ	5
Хорватія	Перебування у полі до декількох годин на день	10
	Перебування у полі без часових обмежень	5
Естонія	Перебування у полі до декількох годин на день Значення,Рекомендоване до застосування на освнові рекомендації для ICNIRP країн Європейського Союзу	10
	Перебування у полі без часових обмежень Значення,Рекомендоване до застосування на освнові рекомендації для ICNIRP країн Європейського Союзу	5
Чеська Республіка	Перебування у полі до декількох годин на день.Значення рекомендоване ICNIRP	10
	Перебування у полі без часових обмежень. Значення рекомендоване ICNIRP	5
Фінляндія	Рекомендоване значення для короткочасної експозиції	15
	Рекомендоване значення для довготривалої експозиції	5

Франція	Рекомендоване значення для експозиції у полі ,що генерується новими та перебудованими обєктами енергосистеми,що працюють у ноормальних умовах	5
Німеччина	Короткочасна експозиція та невеликі зони,не призначені під забудову	10
	Інші зони	5
Польща	В місцях ,доступних для людей	10
	У зонах ,призначених для жилого будівництва	1
Португалія	Рекомендоване значення для довготривалої ексозиції. Допустимий розрядний струм 0,5мА	5
Словенія	У місцях ,доступних для людей	10
	У зонах особливого захситу(місцезнаходження житлових будинків ,лікарень ,центрів відпочинку тощо)	0.5
Швейцарія	У місцях доступних для людей	5
Швеція	Рекомендації Шведської служби радіологічного захисту	10
Великобританія	Так званий довідковий рівень .Допустимий розрядний струм 0.5 мА	5
Італія	Так звана гранична величина експозиції	5

Рекомендації Евросоюзу CEU	Рекомендоване значення для довготривалої експозиції у відповідності з Рекомендацією 1991/519/ЄС Допустимий розрядний струм 0.5мА	5

Як сприймає цей ризик населення

Визначення місця розташування нових базових станцій. Досвід показує, що освітні програми, а також ефективне спілкування та залучення населення та участь інших зацікавлених сторін у відповідних етапах процесу прийняття рішень до установки джерел РЧ може підвищити довіру громадськості та прийнятність цих джерел.

ВООЗ в рамках міжнародного проекту EMF розробила програму моніторингу наукової літератури стосуються електромагнітних полів для оцінки впливу на здоров'я[1].

Вплив електромагнітних полів в діапазоні від 0 до 300 ГГц для інформування про потенційні небезпеки електромагнітного поля і визначення відповідних заходів щодо їх зниження.

Після великих міжнародних оглядів Міжнародний проект ЕМП стимулював дослідження для заповнення прогалин в знаннях. У відповідь з цією метою національні уряди і дослідні інститути вклали понад 250 мільйонів доларів в дослідження електромагнітного поля за останні 10 років[5]. Хоча вважається, що радіочастотні поля від базових станцій і бездротових мереж не впливають на здоров'я людини, ВООЗ заохочує дослідження, щоб визначити, чи є які-небудь наслідки для здоров'я від впливу радіочастотних сигналів, що перевищують випромінюються сигнали.

Ціль

Ціль даної роботи у тому, щоб розробити проект методики вимірювання рівня напруженості електричного поля (ЕП) в діапазоні промислових частот уздовж основних транспортних артерій м. Харкова щоб визначити екологічну

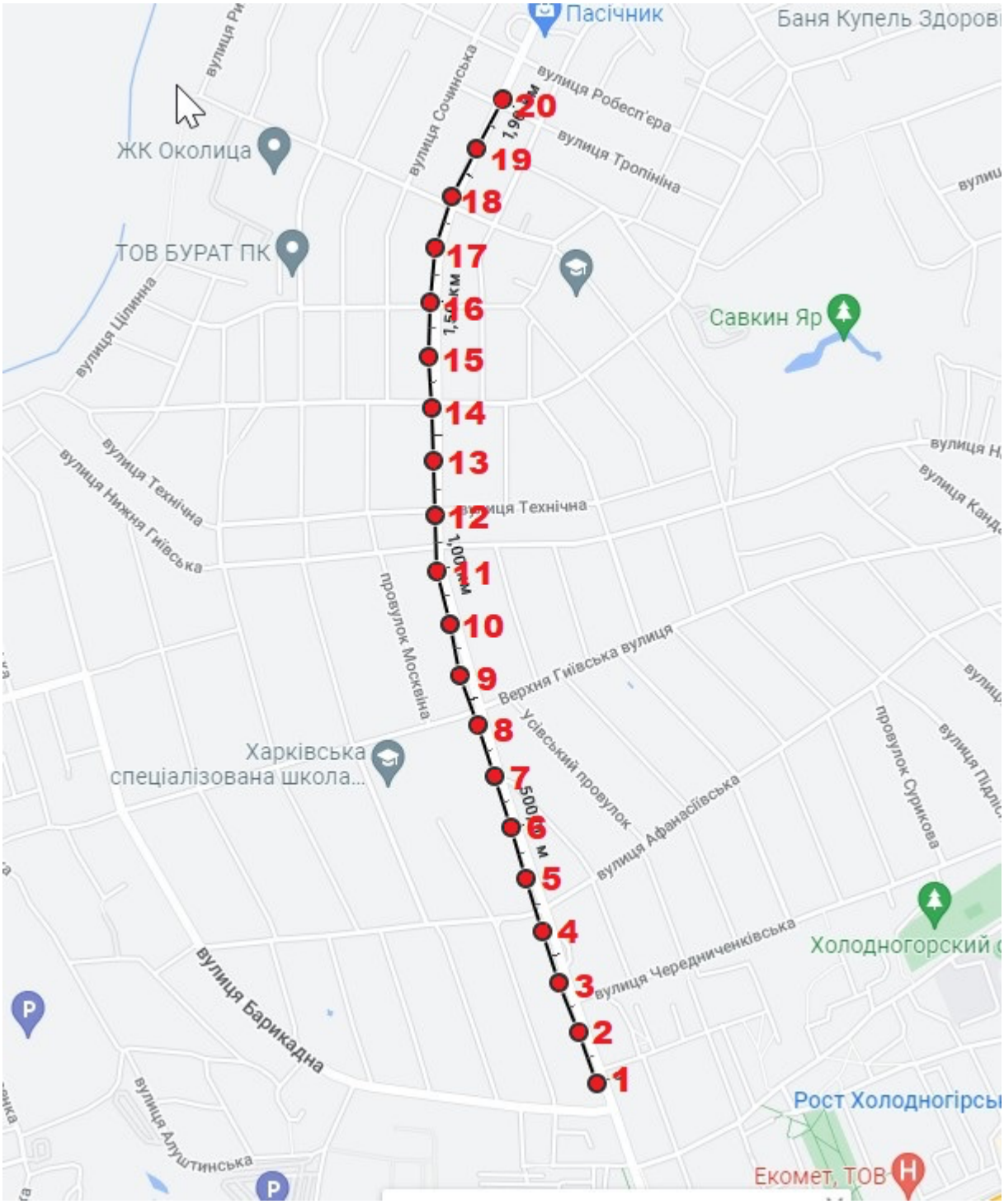
обстановку за цим ендогенним фактором, відкрити можливості для наземного електротранспорту з живленням від електричних полів, утворених вже діючими мережами та джерелами електроенергії та можливість знаходити пошкодження кабелів.

Матеріали і методи досліджень.

Дослідження проводилися на протязі жовтня 2021 р. на частині території Холодногірського району м. Харкова за маршрутом, що показаний на схемі нижче.

Рис. 1. Схема розташування точок вимірювань

Масштаб (1:10000)



Вимірювання проводилися за допомогою вимірювача напруженості електричного поля (ЕП) VX 0100 (фірми Chauvin Arnoux, Франція).

Характеристики вимірювача VX 0100 наведені в Додатку 1. Досліджувався діапазон низьких промислових частот 5 Гц – 3 кГц. Вимірювалось амплітудне значення напруженості змінного ЕП. Використовувалися два діапазони напруженості ЕП: 1) від 1,0 В/м до 200,0 В/м та 2) від

100,0 В/м до 2000,0 В/м. Відносна похибка вимірювань на частоті 50 Гц складала 3 %. Вимірювач автоматично враховував присутність людини і виключав цей вплив з результатів вимірювань. Напруженість ЕП одночасно вимірювалася на двох висотах відносно поверхні землі: 1 м і 2 м.

Первинна обробка результатів вимірювань була проведена методами варіаційної статистики за допомогою інструменту «Описова статистика» з пакету «Аналіз даних» ППП MS Excel.

Для виявлення статистичної залежності між результатами вимірювань на висоті 1 м і 2 м був застосований кореляційний аналіз за допомогою інструменту «Кореляція» з пакету «Аналіз даних» ППП MS Excel.

Для з'ясування питання, вплив яких факторів є визначаючим для мінливості напруженості ЕМ: розташування точки вимірювання, чи дата проведення вимірювання, або випадкових факторів було застосовано двохфакторний дисперсійний аналіз в межах пакету «Аналіз даних» ППП MS Excel за допомогою інструменту «Двохфакторний дисперсійний аналіз без повторень». Усі графіки були побудовані в межах програми MS Excel.

Результати та їх обговорення

Результати вимірювань напруженості ЕП наведено в таблиці 3.

Таблиця 3.

Результати вимірювань напруженості ЕП в одиницях В/м

Дата	Висота, м	№ точки																			
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
03.10	1	20	10	5	0	10	20	10	20	20	20	40	20	20	20	10	10	5	20	0	5
	2	20	20	20	5	10	10	20	20	40	40	40	20	40	20	10	5	10	10	5	10
05.10	1	10	5	5	5	20	20	40	40	20	20	40	40	10	5	5	5	40	20	20	20
	2	0	5	10	5	10	20	20	40	40	40	20	10	5	10	20	20	20	20	20	0
06.10	1	20	10	5	10	20	20	10	20	10	20	20	20	20	20	5	20	10	20	10	10
	2	10	5	5	5	10	10	20	20	10	20	20	40	20	20	5	20	20	40	20	10

09.10	1	20	0	5	5	10	20	20	20	40	20	40	10	40	10	10	20	10	20	10	10
	2	10	0	0	0	20	10	20	40	40	40	40	20	10	10	5	5	5	20	10	20
11.10	1	10	20	10	20	20	10	20	20	20	20	40	20	20	10	5	10	10	0	20	20
	2	0	5	5	5	5	10	10	40	40	40	20	10	40	10	10	20	20	0	10	10
12.10	1	20	10	20	5	5	10	10	40	10	20	20	10	10	5	10	20	40	10	20	10
	2	20	10	5	5	10	10	20	40	40	40	20	10	20	5	20	20	40	40	5	5
15.10	1	5	10	10	0	20	20	20	40	10	20	20	20	0	5	5	0	10	20	10	10
	2	0	5	5	5	40	20	20	20	20	10	20	40	10	5	5	10	20	20	10	10
16.10	1	0	5	10	20	40	40	40	40	10	20	5	5	10	20	20	5	20	40	10	10
	2	10	10	10	5	40	20	20	20	20	5	5	5	10	20	5	5	40	40	40	10
17.10	1	20	20	20	40	40	40	20	20	20	10	5	5	20	20	20	10	40	40	10	10
	2	10	10	5	20	20	40	20	40	10	10	5	5	10	20	20	10	40	40	10	5
21.10	1	10	20	20	10	40	40	40	40	10	40	10	5	5	5	0	0	40	40	40	5
	2	10	10	10	20	20	40	40	20	10	5	5	5	5	10	20	10	40	20	20	20

За даними таблиці 1 були побудовані відповідні графіки на рисунках 2 та 3.

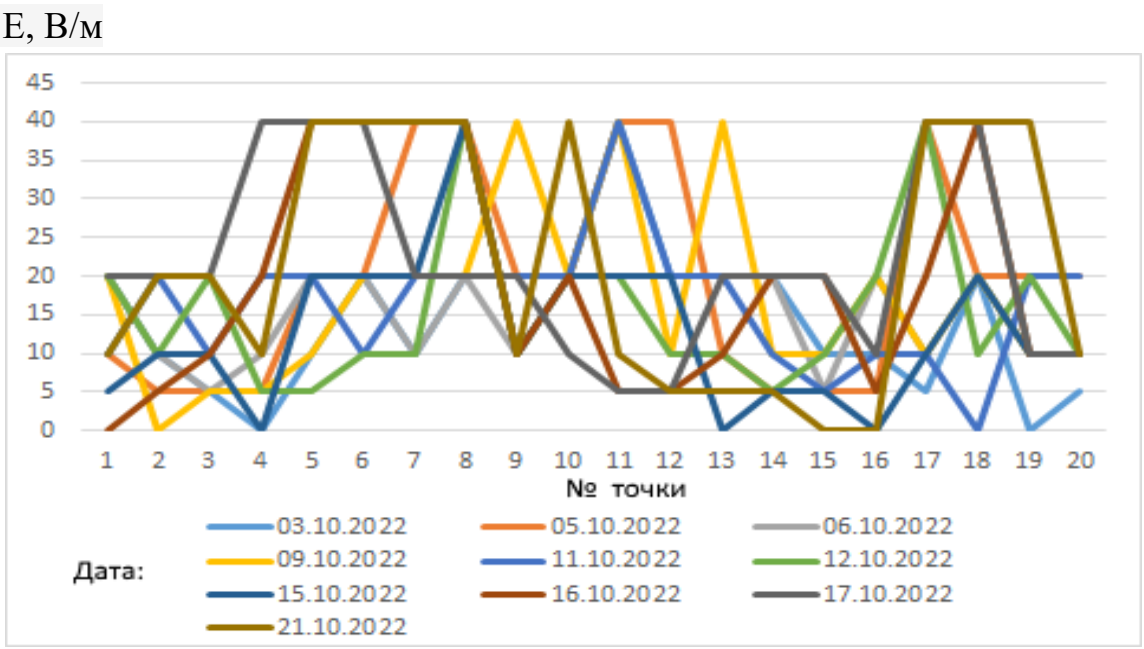


Рис. 2. Результати вимірювань напруженості ЕП на висоті 1 м
в різних точках вздовж маршруту на різні дати

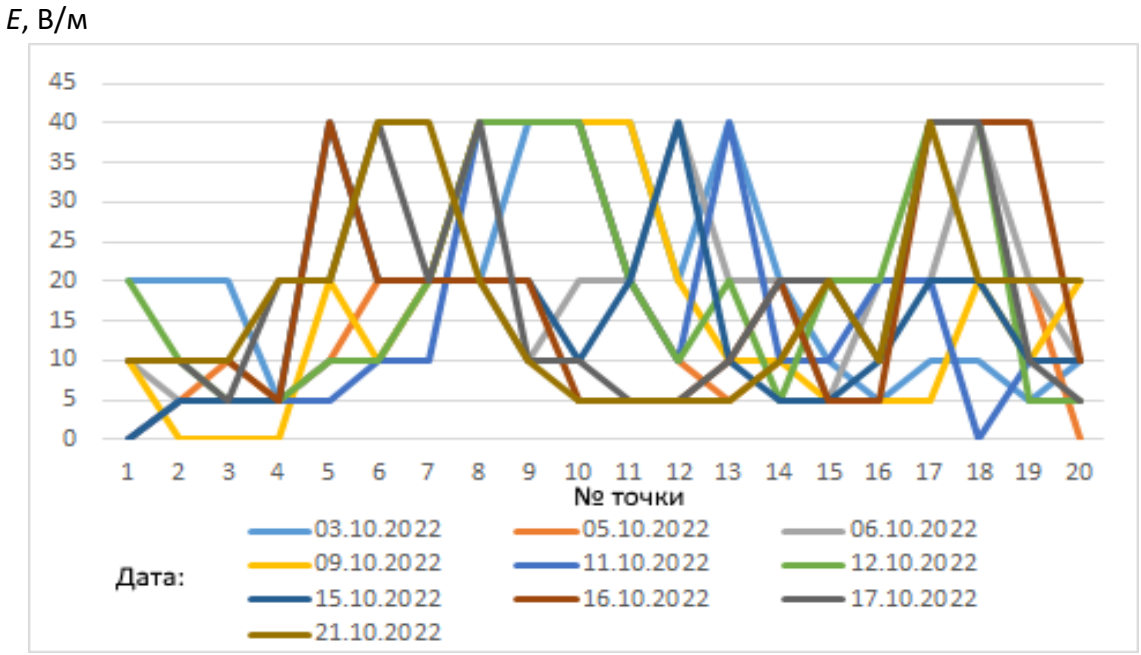


Рис. 3. Результати вимірювань напруженості ЕП на висоті 2 м
від відстані вздовж маршруту на різні дати

Ці рисунки свідчать про те, що напруженість ЕП на обох висотах знаходилася в межах норми (1 кВт/м) .

Для визначення наявності статистичного зв'язку між результатами вимірювань в різні дні був застосований кореляційний аналіз за допомогою пакету прикладних програм MS Excel (ППП MS Excel), а саме програма «Аналіз даних» (інструмент «Кореляція»). Відповідні кореляційні матриці наведені в таблицях 4 та 5.

Таблиця 4.

Кореляційна матриця між результатами вимірювань на висоті 1 м в різні дні

Дати:	03.10	05.10	06.10	09.10	11.10	12.10	15.10	16.10.	17.10	21.10
03.10	1									
05.10	0,33	1								

06.10	0,66	0,20	1							
09.10	0,71	0,27	0,41	1						
11.10	0,34	0,43	0,11	0,36	1					
12.10	0,03	0,46	0,02	0,06	0,03	1				
15.10	0,38	0,72	0,32	0,10	0,24	0,37	1			
16.10	-0,03	0,30	0,16	-0,06	-0,25	-0,02	0,59	1		
17.10	-0,26	-0,11	-0,04	-0,21	-0,46	-0,09	0,01	0,63	1	
21.10	-0,14	0,45	0,07	-0,13	-0,06	0,35	0,64	0,70	0,43	1

Таблиця 5.

Кореляційна матриця між результатами вимірювань на висоті 2 м в різні дні

Дати:	03.10	05.10	06.10	09.10	11.10	12.10	15.10	16.10	17.10	21.10
03.10	1									
05.10	0,33	1								
06.10	0,08	0,20	1							
09.10	0,61	0,68	0,32	1						
11.10	0,66	0,67	0,10	0,61	1					
12.10	0,37	0,73	0,34	0,57	0,60	1				
15.10	0,02	0,22	0,49	0,42	0,07	0,16	1			
16.10	-0,35	0,16	0,25	0,01	-0,16	0,21	0,38	1		
17.10	-0,38	0,32	0,18	-0,01	-0,01	0,43	0,21	0,57	1	
21.10	-0,53	0,09	-0,09	-0,21	-0,24	0,07	0,18	0,52	0,70	1

Дані цих таблиць свідчать про те, що кореляція між результатами вимірювань на обох висотах є в основному середньою, низькою і дуже низькою. Це говорить про те, що мінливість напруженості ЕП носить достатньо випадковий характер з часом.

Для визначення наявності статистичного зв’язку між результатами вимірювань в різних точках був теж застосований кореляційний аналіз за допомогою ППП MS Excel). Відповідні кореляційні матриці наведені в таблицях 6 та 7 .

Таблиця 6.

Кореляційна матриця між результатами вимірювань на висоті 1 м
в різних точках

№ точки	*1*	*2*	*3*	*4*	*5*	*6*	*7*	*8*	*9*	*10*	*11*	*12*	*13*	*14*	*15*	*16*	*17*	*18*	*19*	*20*
1	1																			
2	0,03	1																		
3	0,03	0,64	1																	
4	0,00	0,53	0,46	1																
5	-0,49	0,45	0,42	0,68	1															
6	-0,30	0,22	0,37	0,53	0,90	1														
7	-0,72	-0,04	0,09	0,15	0,66	0,59	1													
8	-0,63	-0,15	0,32	-0,30	0,20	0,18	0,59	1												
9	0,40	-0,37	-0,39	0,00	-0,33	-0,18	-0,10	-0,56	1											
10	-0,27	0,19	0,21	-0,39	0,20	0,21	0,45	0,43	-0,27	1										
11	0,26	-0,34	-0,67	-0,52	-0,74	-0,74	-0,25	-0,35	0,61	-0,09	1									
12	-0,06	-0,26	-0,63	-0,44	-0,42	-0,54	0,03	0,05	0,07	-0,14	0,67	1								
13	0,61	-0,29	-0,39	0,14	-0,33	-0,19	-0,37	-0,80	0,85	-0,34	0,45	-0,12	1							
14	0,22	0,01	-0,22	0,47	0,27	0,36	-0,26	-0,59	0,02	-0,46	-0,24	-0,26	0,37	1						

15	0,02	-0,16	0,15	0,61	0,29	0,42	-0,03	-0,16	0,12	-0,66	-0,41	-0,46	0,23	0,64	1					
16	0,76	-0,30	-0,16	-0,03	-0,59	-0,48	-0,68	-0,54	0,37	-0,39	0,26	-0,10	0,70	0,25	0,16					
17	0,01	0,28	0,71	0,33	0,37	0,37	0,44	0,51	-0,25	0,17	-0,43	-0,12	-0,38	-0,35	0,08	-0,18	1			
18	-0,23	0,08	0,34	0,41	0,80	0,98	0,54	0,24	-0,18	0,19	-0,74	-0,51	-0,20	0,34	0,42	-0,43	0,39	1		
19	-0,24	0,44	0,55	0,02	0,33	0,18	0,53	0,49	-0,27	0,77	-0,21	-0,12	-0,39	-0,65	-0,55	-0,33	0,61	0,12	1	
20	-0,32	0,12	-0,14	0,15	0,02	-0,32	0,38	0,11	0,11	-0,05	0,38	0,57	-0,07	-0,43	-0,30	-0,15	0,21	-0,43	0,38	1

Таблиця 5.

Кореляційна матриця між результатами вимірювань на висоті 2 м
в різних точках

№ точки	*1*	*2*	*3*	*4*	*5*	*6*	*7*	*8*	*9*	*10*	*11*	*12*	*13*	*14*	*15*	*16*	*17*	*18*	*19*	*20*
1	1																			
2	0,64	1																		
3	0,35	0,86	1																	
4	0,06	0,31	0,11	1																
5	-0,20	-0,09	-0,10	0,05	1															
6	-0,14	0,14	0,04	0,93	0,32	1														

7	0,22	0,20	0,21	0,61	0,20	0,64	1													
8	-0,14	-0,39	-0,49	-0,08	-0,46	-0,09	-0,43	1												
9	0,07	-0,01	0,11	-0,67	-0,44	-0,67	-0,50	0,52	1											
10	0,14	-0,06	0,03	-0,60	-0,72	-0,71	-0,51	0,58	0,91	1										
11	0,23	-0,02	0,10	-0,69	-0,35	-0,73	-0,35	0,12	0,70	0,76	1									
12	-0,15	-0,26	-0,17	-0,44	0,13	-0,43	-0,18	-0,43	-0,15	-0,01	0,42	1								
13	0,25	0,42	0,35	-0,31	-0,54	-0,59	-0,54	0,00	0,45	0,53	0,47	0,11	1							
14	0,31	0,44	0,41	0,19	-0,01	0,12	-0,07	-0,33	-0,38	-0,27	-0,12	-0,06	0,19	1						
15	0,15	0,26	0,14	0,63	-0,40	0,55	0,38	0,44	0,01	0,07	-0,38	-0,64	-0,22	-0,21	1					
16	-0,28	-0,31	-0,27	-0,09	-0,61	-0,24	-0,28	0,39	0,14	0,35	-0,14	0,08	0,16	-0,32	0,34	1				
17	0,17	0,25	-0,02	0,66	0,25	0,63	0,39	-0,04	-0,52	-0,60	-0,89	-0,55	-0,37	0,05	0,54	0,11	1			
18	0,37	0,00	-0,25	0,20	0,29	0,23	0,16	-0,07	-0,52	-0,45	-0,47	-0,01	-0,50	0,31	0,11	0,03	0,59	1		
19	-0,21	-0,10	0,10	0,04	0,49	0,22	0,21	-0,40	-0,41	-0,55	-0,56	-0,21	-0,44	0,38	-0,22	-0,16	0,37	0,37	1	
20	0,12	-0,17	-0,16	0,07	0,21	0,07	0,48	-0,34	-0,19	-0,22	0,17	0,10	-0,07	-0,07	-0,37	-0,53	-0,20	-0,25	0,04	1

Дані цих таблиць говорять про те, що здебільшого кореляція між значеннями напруженості ЕП в різних точках як на висоті 2 м, так і на висоті 1 м, є слабкою і дуже слабкою (лише в деяких випадках середньою). Таким чином, можна стверджувати, що статистичний зв'язок між ними є несуттєвим.

З метою локалізації точок, що є підозрілими на проходження поблизу них ЛЕП (надземних або підземних), були розраховані коефіцієнти кореляції між значеннями вимірювань на висоті 1 м і 2 м для кожної точки за весь термін спостережень. Результати наведені на рисунку 4.

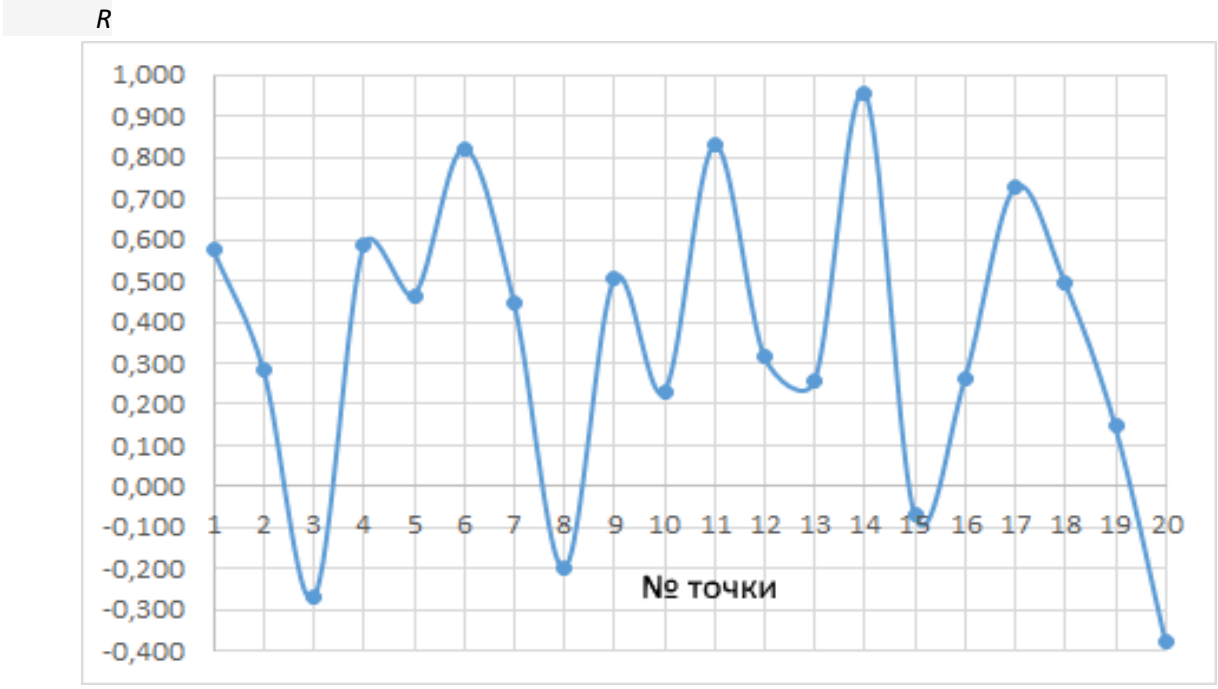
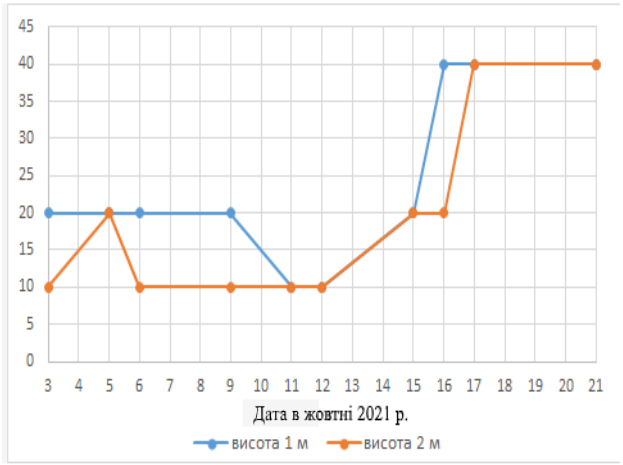
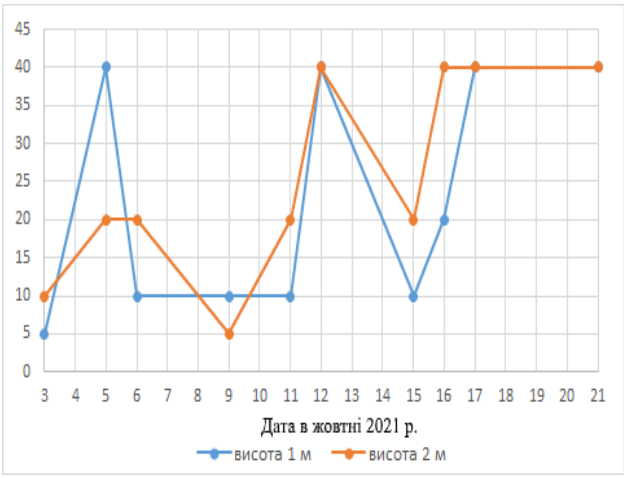


Рис. 4. Залежність значення коефіцієнту кореляції між результатами вимірювань на висоті 1 м і 2 м від розташування точки спостережень

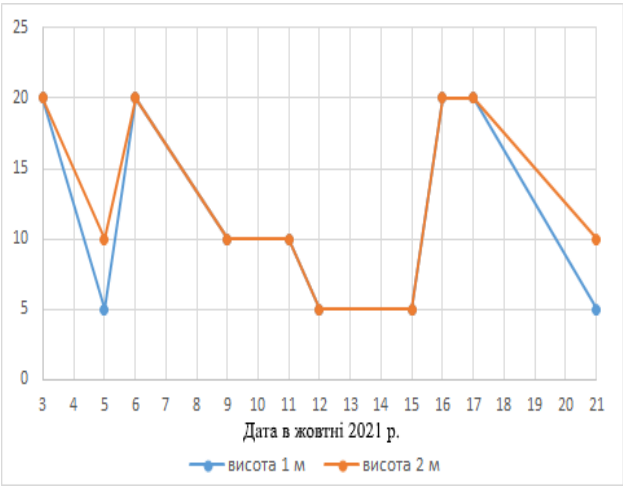
Цей рисунок показує, що підозрілими на проходження поблизу них ЛЕП є вочевидь точка № 14, а також точки №№ 6, 11 та 17. Тому досліджемо залежність поведінки напруженості ЕП в цих точках більш ретельно. Відповідні графіки наведені на наступних рисунках.



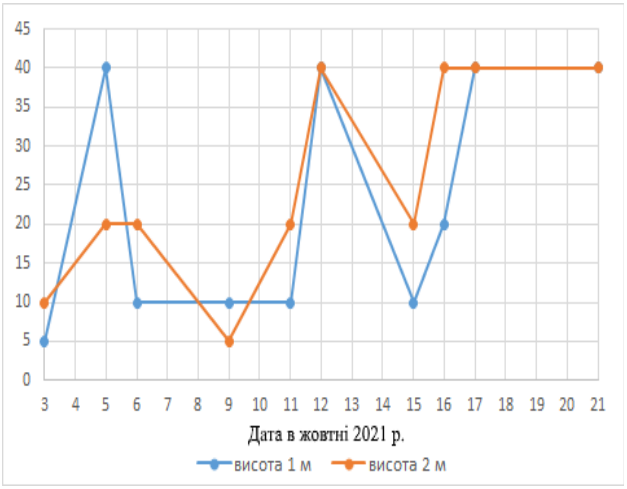
а) точка № 6 (R = 0,822)



б) точка № 11 (R = 0,830)



в) точка № 14 (R = 0,958)



г) точка № 17 (R = 0,727)

Рис. 5. Залежність поведінки напруженості ЕП (в одиницях В/м) в підозрілих точках (в дужках вказані відповідні значення коефіцієнта кореляції)

З цих рисунків можна бачити, що в деяких підозрілих точках напруженість ЕП на висоті 2 м вище, ніж на висоті 1 м, а в деяких – навпаки. Тобто, іноді джерело фонового ЕП знаходиться вгорі над рівнем 2 м, а іноді під землею. Тому слід розглядати обидва варіанти.

Надалі з'ясуємо, вплив яких з розглянутих вище двох факторів є визначаючим для мінливості напруженості ЕМ: розташування точки вимірювання на місцевості, чи дата проведення вимірювання. Для цього застосуємо двохфакторний дисперсійний аналіз в межах ППП MS Excel-2019 «Аналіз даних» за допомогою інструменту «Двохфакторний дисперсійний

аналіз без повторень». Результати для висоти 2 м і 1 м наведені в таблицях 8 і 9 відповідно.

Таблиця 8.

Результати застосування двохфакторного дисперсійного аналізу (висота 1 м)

Точки:	*Рахунок*	*Сума*	*Середнє*	*Дисперсія*
1	10	135	13,50	55,83
2	10	110	11,00	48,89
3	10	110	11,00	43,33
4	10	115	11,50	150,28
5	10	225	22,50	173,61
6	10	240	24,00	137,78
7	10	230	23,00	156,67
8	10	300	30,00	111,11
9	10	170	17,00	90,00
19	10	210	21,00	54,44
11	10	240	24,00	221,11
12	10	155	15,50	119,17
13	10	155	15,50	124,72
14	10	120	12,00	51,11
15	10	90	9,00	43,33
16	10	100	10,00	61,11
17	10	225	22,50	240,28

18	10	230	23,00	178,89
19	10	150	15,00	116,67
20	10	115	11,50	22,50
Дати:				
03.10	20	285	14,25	90,20
05.10	20	390	19,50	186,58
06.10	20	300	15,00	34,21
09.10	20	340	17,00	135,26
11.10	20	325	16,25	70,72
12.10	20	305	15,25	101,25
15.10	20	255	12,75	95,99
16.10	20	370	18,50	197,63
17.10	20	430	21,50	147,63
21.10	20	425	21,25	270,72

Дисперсійний аналіз						
Джерело варіації	*SS*	*df*	*MS*	*F*	*P-значення*	*F критичне*
Точки	1598,125	9	177,5694	1,667513	0,100228	1,934988
Дати	7064,375	19	371,8092	3,491574	6,11E-06	1,647704
Випадкові	18209,380	171	106,4876			
Разом:	26871,88	199				

Вплив факторів, %	
Точки	5,95
Дати	26,29

Випадкові	67,76
Разом:	100,00

Таблиця 9.

Результати застосування двохфакторного дисперсійного аналізу (висота 2 м)

Точки:	*Рахунок*	*Сума*	*Середнє*	*Дисперсія*
1	10	90	9,00	54,44
2	10	80	8,00	28,89
3	10	75	7,50	29,17
4	10	75	7,50	45,83
5	10	185	18,50	155,83
6	10	190	19,00	143,33
7	10	210	21,00	54,44
8	10	300	30,00	111,11
9	10	270	27,00	201,11
19	10	250	25,00	266,67
11	10	195	19,50	163,61
12	10	165	16,50	183,61
13	10	170	17,00	173,33
14	10	130	13,00	40,00
15	10	120	12,00	51,11
16	10	125	12,50	45,83
17	10	255	25,50	180,28
18	10	250	25,00	205,56
19	10	150	15,00	111,11

20	10	100	10,00	38,89
Дати:				
21.10	20	375	18,75	149,67
22.10	20	335	16,75	150,72
23.10	20	330	16,50	102,89
24.10	20	325	16,25	194,41
25.10	20	310	15,50	189,21
26.10	20	385	19,25	184,93
27.10	20	295	14,75	119,67
28.10	20	340	17,00	172,11
29.10	20	350	17,50	161,84
30.10	20	340	17,00	132,63

Дисперсійний аналіз						
Джерело варіації	*SS*	*df*	*MS*	*F*	*P-значення*	*F критичне*
Точки	330,125	9	36,68056	0,310093	0,970845	1,934988
Дати	9376,375	19	493,4934	4,171939	1,81E-07	1,647704
Випадкові	20227,38	171	118,2887			
Разом:	29933,87	199				

Вплив факторів, %	
Точки	1,10
Дати	31,32
Випадкові	67,57
Разом:	100,00

Таким чином, на висоті 1 м головним джерелом варіації напруженості ЕП є випадкові фактори (впливають на 67,76 %). Розміщення точки вимірювань практично не впливає на величину напруженості ЕП (в межах 5,95 % при сумлінній достовірності $p < 0{,}100228$). Вплив дати вимірювання складає 26,29 %.

На висоті 2 м також головним джерелом варіації напруженості ЕП є випадкові фактори (впливають на 67,57 %). Розміщення точки вимірювань практично не впливає на величину напруженості ЕП (в межах 1,10 % при сумлінній достовірності $p < 0{,}970845$). Вплив дати вимірювання складає 31,32 %.

Підкреслимо, що дані вимірювань (табл. 2 та рис. 2 – 5) опосередковано вказують те, що в деяких точках існують певні надземні джерела підвищеної напруженості ЕП (тобто ЛЕП та ін.) а деяких – підземні (тобто кабелі та ін.).

Проаналізуємо процеси формування напруженості фонового ЕП в місті. Відомо, що енергетичне обладнання, зокрема, ЛЕП, мережі живлення та тягові підстанції електротранспорту, силові трансформатори, силові розподільні пункти створюють ЕП промислової частоти, які вносять суттєвий, а найчастіше і визначальний внесок у загальну електромагнітну обстановку.

У зв'язку з цим можна стверджувати, що всі технічні засоби, які розглядаються, підрозділяються на дві основні групи, виходячи з особливостей їх просторової локалізації: – групу розподілених (протяжних) технічних засобів, один з характерних лінійних розмірів яких істотно переважає над іншими – це ЛЕП, лінії живлення електротранспорту тощо; – групу локалізованих технічних засобів – силові трансформаторні установки, тягові підстанції електро-транспорту, розподільні пункти системи енергопостачання тощо .

Названі технічні засоби, переважно, є джерелами або статичного ЕП, або ЕП промислової частоти (ПЧ). Оскільки для випадку ЕП ПЧ виконується умова квазістаціонарності, тобто просторовий період зміни поля (або довжина відповідної електромагнітної хвилі) виявляється значно більшим за загальну довжину провідників, що розглядаються, то розподіл амплітуди струму у всьому ланцюгу в кожен момент часу можна вважати рівномірним, і електродинамічна задача при розрахунковому прогнозуванні електромагнітної обстановки може бути сформульована аналогічно до статичного випадку. Іншими словами, моделювання з метою розрахунку електричного та магнітного полів може проводитися окремо .

Проаналізуємо процеси формування напруженості фонового ЕП в місті. Відомо, що енергетичне обладнання, зокрема, ЛЕП, мережі живлення та тягові підстанції електротранспорту, силові трансформатори, силові розподільні пункти створюють ЕП промислової частоти, які вносять суттєвий, а найчастіше і визначальний внесок у загальну електромагнітну обстановку.

Електричне поле наземної ЛЕП. Електричне поле (ЕП) ЛЕП в довільній точці простору (рис. 6) має горизонтальну (E_x) і вертикальну (E_y) складові.

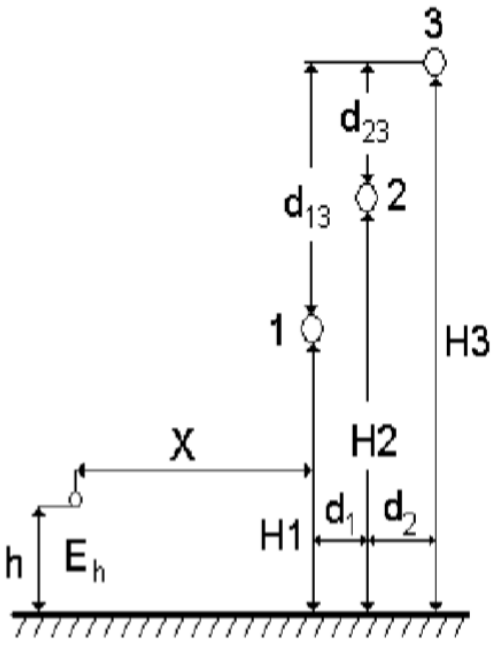


Рис. 6. Схема для розрахунків ЕП ЛЕП

Потенціал людини щодо землі, а також струм, що протікає через людину, визначаються вертикальною складовою напруженості поля, що визначається з урахуванням зарядів усіх дротів лінії та їх відображення на поверхні землі. У випадку ЛЕП дроти 1, 2 і 3 можуть розташовуватися на різній висоті над поверхнею землі. У розрахунках стверджують, що робочі ємності фаз рівні між собою і нехтують активними провідностями крайніх фаз. Крім цього, визначають розподіл напруженості для моментів часу, що відповідають максимуму зарядів
на одній із фаз. В цьому випадку

$$q_1 = q;\ q_2 = q_3 = -0.5q$$

З урахуванням цих припущень можна записати, що напруженість ЕП під лінією на відстані X вид нижньої фази (рис. 6) визначається як

$$E_h = \frac{q}{2\pi\varepsilon_0}\left[\left(\frac{\mathrm{H}_1 - \mathrm{h}}{X^2 + (H_1 - h)^2} + \frac{\mathrm{H}_1 + \mathrm{h}}{X^2 + (H_1 + h)^2}\right)\right.$$
$$- 0.5\left(\frac{\mathrm{H}_2 - \mathrm{h}}{(X + d_1)^2 + (H_2 - h)^2} + \frac{\mathrm{H}_2 + \mathrm{h}}{(X + d_1)^2 + (H_2 + h)^2}\right)$$
$$\left. - 0.5\left(\frac{\mathrm{H}_3 - \mathrm{h}}{(X + d_2)^2 + (H_3 - h)^2} + \frac{\mathrm{H}_3 + \mathrm{h}}{(X + d_2)^2 + (H_3 + h)^2}\right)\right]$$

де q – лінійний заряд на дроті, Кл/м; H_1, H_2, H_3 – середня висота підвісу проводів кожної фазі, м; d_{12}, d_{23}, d_{13} – відстань між дротами, м; d_1, d_2 – відстань між проекціями дротів середньої та верхньої фаз на дріт нижньої фази, м; h – висота в одиницях м, на якій розраховується напруженість ЕП

Лінійний заряд на дроті розраховується як:

$$E = \frac{CU}{\sqrt{3}}$$

де U – клас напруги ЛЕП в одиницях В; C – ємність фази на одиницю довжини в одиницях Ф/м:

$$C = \frac{2\pi\varepsilon_0}{ln\frac{S}{r}}$$

,де r – радіус дроту, м; $S = \sqrt[3]{d_{12}d_{23}d_{13}}$ – середня геометрична відстань між фазами, м.

Висота дроту над поверхнею землі визначається наступним чином:

$$H = H_n - mH_{\text{із}} - \frac{2}{3}f$$

Де H_n -висота точки кріплення дроту на опорі, м; $H_{\text{із}}$ -будівельна висота ізолятору, м; m – кількість ізоляторів в гірлянді; f – довжина стріли провисання дроту в прольоті, м.

Для двохланцюгових ліній з вертикальним розташуванням дротів напруженість поля E_h в розглянутій точці можна розрахувати за формулою:

$$E_h = \sqrt{E_1^2 + E_2^2}$$

де E_1 і E_2 – напруженості ЕП в розрахунковій точці від кожного ланцюга ЛЕП.

Електричне поле підземної ЛЕП (або кабелю). В останні роки у проектних рішеннях реконструкції міських систем енергопостачання все частіше використовуються для реалізації високовольтних ЛЕП класів 35...220 кВ у вигляді підземних ліній. Такі лінії практично не перешкоджають міській забудові, можуть бути прокладені вздовж автомобільних доріг і мають низку незаперечних переваг у сенсі зручності реалізації в умовах значної урбанізації території . Принципова можливість побудови підземних ЛЕП виникла у зв'язку з поширенням спеціальних силових екранованих кабелів, стійких до значних внутрішніх перенапруг (десятки МВ/м). Такі лінії, як правило, прокладаються усередині залізобетонних коробів із гравійним заповненням.

Для їх локалізації була побудована проста модель. Припустимо, що підземний кабель перетинає лінію маршруту під землею під прямим кутом в деякій точці, котрій на рівні землі відповідає координата l_0, що відраховується уздовж маршруту від 1-ї точки. Припустимо також, що кабель проходить під землею на фіксованій глибині і створює на її поверхні своє «відображення» у вигляді лінії току на площині. Як було вказано вище, вимірювач напруженості електричного поля VX 0100 автоматично створює випадкову вибірку з даних вимірювань на протязі короткого часу (близько 1 с), а потім визначає середнє вибіркове за їх абсолютними значеннями. Тому можна вважати, що кожному вимірюванню – елементу вибірки відповідає свій усереднений розподіл зарядів у кабелі і розраховувати поле напруженості від «зображення» кабелю на поверхні як поле довгої зарядженої нитки. Як відомо, напруженість такого поля спадає обернено пропорційно відстані r від її осі. Для вимірювань на висоті 1 м маємо

$$r_1 = \sqrt{(l - l_0)^2 + 1}$$

і, відповідно,

$$E_1 = \frac{C}{\sqrt{(l-l_0)^2+1}}$$

де C – деяка константа. Для вимірювань на висоті 2 м маємо

$$r_2 = \sqrt{(l - l_0)^2 + 2^2}$$

і, відповідно,

$$E_2 = \frac{C}{\sqrt{(l - l_0)^2 + 4}}$$

(при цьому координати l і l_0 виражено в м). Позначивши відношення $\frac{E_1}{E_2} = \delta$ отримаємо координату точки перетину маршруту з лінією кабелю:

$$l_0 = l \pm \sqrt{\frac{4 - \delta(l)^2}{\delta(l)^2 - 1}}$$

де – відношення $\frac{E_1}{E_2}$ в деякій точці l маршруту. Маючи цілу таблицю 2 результатів вимірювань у 20-ти точках на протязі 10 днів, можна розрахувати значення методом найменших квадратів. Але слід враховувати, що поблизу точки перетину залежність між E_1 і E_2 стає строго функціональною, тому коефіцієнт кореляції між E_1 і E_2 прямує біля цій точці до одиниці. Тому рис. 4 і рис. 5 підказують в якому околі слід шукати координати . З цих рисунків видно, що це околи точок 6, 11 та 17.

Використовуючи пакет «Пошук рішення» ППП MS Excel, методом найменших квадратів легко отримати координати точок перетину. Підвищити точність знаходження координат розташування джерела аномальної напруженості ЕП можна шляхом підвищення кількості точок спостережень, та зменшення відстані між ними.

Запропоновану модель після деякої доробки можна застосувати для пошуку підземних кабелів або місць їх пошкоджень.

Висновки

Таким чином, в даній роботі:

1. . На протязі жовтня 2021 р. були проведені пілотні дослідження напруженості фонового електричного поля промислового діапазону частот на частині території Холодногірського району м. Харкова.
2. Результати вимірювань в жодній точці не виявили перевищення гранично допустимого рівня напруженості електричного поля на місцевості, яка дорівнює, згідно ДСН 239-96, 1 кВ/м.

3. Статистична обробка результатів була проведена із застосуванням методів варіаційної статистики, кореляційного та дисперсійного аналізу.
4. Результати вимірювань довели, що в деяких випадках джерелом фонового електричного фону є наземні ЛЕП та лінії живлення міського електротранспорту, а в деяких – підземні ЛЕП або кабелі.
5. Побудована модель визначення величини електричного поля промислової частоти біля наземної ЛЕП.
6. Побудована модель визначення величини електричного поля над місцем проходження електричного кабелю. Запропоновану модель після деякої доробки можна застосувати для пошуку підземних кабелів або місць їх пошкоджень.

Література

1. Про затвердження державних санітарних норм і правил захисту населення від впливу електромагнітного випромінювання: Наказ МОЗ України від 1 серпня 1996 р. № 239 // Офіц. Інтернет-сторінка Верховної Ради України [Електронний ресурс]. – Режим доступу: www.rada.gov.ua

2. Суворов Г.А., Пальцев Ю.П., Хунданов Л.Л. и др. Неионизирующие электромагнитные излучения и поля (экологические и гигиенические аспекты). / Под общей ред. Н.Ф. Измерова. – М. : Изд-во «Вооружение. Политика. Конверсия», 1998. – 110 с.

3. Электромагнитная безопасность человека : Справ.-информ. изд. / Ю. Г. Григорьев, В. С. Степанов, О. А. Григорьев, А. В. Меркулов. – М. : Рос. нац. ком. по защите от неионизирующего излучения, 1999. – 145 с.

4. Кузнецов А.Н. Биофизика электромагнитных воздействий (основы дозиметрии). – М. : Энергоатомиздат, 1994. – 80 с.

5. Бузов А.Л., Сподобаев Ю.М. Электромагнитная экология. Основные понятия и нормативная база. – М.: Радио и связь, 1999. – 78 с.

6. Международный регламент радиосвязи. International Telecommunication Union. Женева, 2016. – 430 с.

7. Кундельська Т.В., Микицей М.Т. Дослідження електромагнітного забруднення, ускладненого впливом базових станцій стільникового зв'язку, на урбанізованій території міста Івано-Франківська / Екологічна безпека та природокористування, № 1–2 (23), 2017.

8. Думанський В.Ю. Гігієнічна оцінка електромагнітної ситуації та наукове обґрунтування вимог до її безпеки в сучасних населених місцях України : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня доктора медичних наук / В.Ю. Думанський. – Київ, 2009.

9. Павлов А.Н. Электромагнитные поля и жизнедеятельность. Учебное пособие. – М.: Изд-во МНЭПУ, 1998. – 148 с.

10. Довбыш В.Н. Технология регионального контроля природной среды по фактору электромагнитного излучения объектов энергетических систем. // Инфокоммуникационные технологии, №3, 2006. – С.73 – 78

11. Электромагнитная безопасность элементов энергетических систем: Монография / В.Н. Довбыш, М.Ю. Маслов, Ю.М. Сподобаев. –Самара: ООО «ИПК «Содружество», 2009. – 198 с.

12. Атабеков В.Б., Крюков В.И. Городские электрические сети. М.: Стройиздат, 1987. – 384 с.

Додаток № 1

Опис і технічні характеристики вимірювача напруженості електричного поля VX 0100 (фірми Chauvin Arnoux, Франція)

BioTest® Измерители/ тестеры напряженности электромагнитного поля VX 0003 и VX 0100 мгновенно указывают на уровень электромагнитного загрязнения окружающей среды. Идеально подходят для жилищного и обслуживающего (транспорт, связь, торговля) секторов, они предназначены для профессионального и личного использования. С таким прибором можно быстро и наглядно определить излучение на рабочем месте и в жилых помещениях



Наша повседневная окружающая среда содержит много источников электромагнитного загрязнения:

- электрическая распределительная сеть внутри домов и офисов
- удлинители стабилизатора напряжения, электрические кабели и т.д.
- компьютер, принтер, факс
- освещение
- высоковольтные линии электропередач, трансформаторы, железная дорога, и т.д.

Низкочастотные поля в диапазоне от 10 Гц до 100 кГц вредны. Для ограничения такого загрязнения, были созданы специальные, регулярно обновляемые стандарты.

Стандарты

Измерители VX 0003 и VX 0100 выполняют тестирование в соответствии с требованиями следующих текущих и даже будущих стандартов:

- Рекомендациями WHO / ICNIRP (Всемирная Организация здоровья/ Международная комиссия по защите от неионизирующего излучения (МКЗНИР)
- IEEE C95.6-2002 (Международный стандарт - Public, диапазон 0 – 3 кГц)
- Европейская директива 1999/519/CE (Public, диапазон 0 – 100кГц и выше)
- Европейская директива 2004/40/CE (Workers, диапазон 0 – 100кГц и выше)
- 2010 проект стандарта, EN IEC 62493 (Осветительные системы)
- EN50366 стандарт и IEC 62233 в 2012 (Бытовая техника)

Решение: Тестирование/Измерение

Тестеры серии VX просты в использовании, экономичны, надежны и откалиброваны (прошли метрологическую поверку).

- Тестер / измеритель VX 0003 оснащен внутренней антенной, и может проводить измерения в диапазоне от 10 Гц до 3кГц.
- Тестер / измеритель VX 0100 имеет сменную антенну для проведения измерений в диапазоне от 10 Гц до 100кГц.

Высоко практичный Тестер / измеритель VX 0100 может быть также использован, например, для обнаружения кабеля при проведении ремонтных работ.

ИЗМЕРЕНИЯ		
"RMS" напряженности электрического поля в В/м	•	•
Чувствительность & Точность		
2 диапазона чувствительности (в соответствии со стандартами)	От 5 В/м до 100 В/м От 100 В/м до 2000 В/м	От 1,0 В/м до 200,0 В/м От 100 В/м до 2000 В/м
Точность (в "Iлабораторных"условиях)	± 10% порогов светодиодов	± 3% ± 5 емр при 50/60 Гц
Частотный диапазон		
Анализ распределения электроэнергии, от 10 Гц до 3 кГц	•	•
Анализ оборудования, подключенного к сети	От 10 Гц до 3 кГц	От 5 Гц до 3 кГц (3 кГц фильтр низких частот) От 3 кГц до 100 кГц (3 кГц фильтр верхних частот) От 5 Гц до 100 кГц (3 кГц без фильтра)