МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ІМЕНІ В. Н. КАРАЗІНА
НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ КОМП'ЮТЕРНОЇ ФІЗИКИ ТА ЕНЕРГЕТИКИ
Кафедра фізика нетрадиційних енерготехнологій та екології

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА

до дипломної роботи
за освітньо-кваліфікаційним рівнем магістр

«Дослідження фонового електромагнітного поля території селища П'ятихатки Київського району м. Харкова»

Виконав: студент 2 курсу, групи НФ-61
Греченко О.О.
спеціальність:
105 Прикладна фізика та наноматеріали
Освітня програма:прикладна фізика
нетрадиційної енергетики
Керівник:
професор, доктор ф.-м. наук.
Пеліхатий М.М.
Рецензент:

Харків – 2020

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) магістр

Спеціальність «Прикладна фізика та наноматеріали»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

_____ Віктор ТКАЧЕНКО

підпис ініціали, прізвище

"____" _____20___року

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

Греченко Олександр Олександрович

1. Тема роботи «Дослідження фонового електромагнітного поля території селища П'ятихатки Київського району м. Харкова»

керівник роботи професор, доктор ф.-м. наук Пеліхатий М.М.,

(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

Обрати певну територію для проведження вимірювання, та скласти мап

Провести вимірювання електромогнітного фону. Проаналізувати отримані дані та їх результат. З цього зробити висновки.

4. План роботи

№ з/п	Назви етапів роботи
1.	Огляд впливу електромагнітного поля на організм людини.
2.	Перегляд правових міжнародних норм.
3.	Обробка практичних даних.
4.	Аналіз кінцевих результатів.
5.	Висновок.

5. Дата видачі завдання_____

Студент _____ **____Греченко О.О.**

підпис ініціали, прізвище

Керівник роботи _____ **____Пеліхатий М.М.**

підпис ініціали, прізвище

РЕФЕРАТ

Греченко Олександр Олександрович «Дослідження фонового електромагнітного поля території селища П’ятихатки Київського району м.Харкова»

Кваліфікаційна робота магістра з прикладної фізики.

Дипломна робота представлена на 41 сторінках; складається з вступу, 3 розділів та висновку; містить 12 рисунків, 6 таблиць список використаної літератури з 18 найменувань.

Мета даної роботи – розробка проекту методики вимірювання рівня напруженості електричного поля уздовж основних транспортних артерій м.Харкова.

Об’єкт дослідження – Фонове електромагнітне поле селища П’ятихатки.

В ході виконання роботи була розроблена проста модель для встановлення координат перетину маршруту досліджень з підземними джерелами електромагнітного поля.

Предмет дослідження – напруженість електричного поля.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: ЕЛЕКТРОМАГНІТНЕ ПОЛЕ, НАПРУЖЕНІСТЬ ЕЛЕКТРИЧНОГО ПОЛЯ.

РЕФЕРАТ

Греченко Александр Александрович «Исследование фонового электромагнитного поля территории поселка Пятихатки Киевского района г.Харькова»

Квалификационная работа магистра прикладной физики.

Дипломная работа представлена на 41 страницах; состоит из введения, 3 глав и заключения; содержит 12 рисунков, 6 таблиц список использованной литературы из 18 наименований.

Цель данной работы - разработка проекта методики измерения уровня напряженности электрического поля вдоль основных транспортных артерий Харькова.

Объект исследования - Фоновое электромагнитное поле поселка Пятихатки.

В ходе выполнения работы была разработана простая модель для установления координат пересечения маршрута исследований с подземными источниками электромагнитного поля.

Предмет исследования - напряженность электрического поля.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЕ ПОЛЕ, НАПРЯЖЕННОСТЬ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ПОЛЯ.

ABSTRACT

Grechenko Oleksandr Oleksandrovych "Investigation of the background electromagnetic field of the territory of the village of Pyatihatky, Kyiv district, Kharkiv"

Qualifying work of the master in applied physics.

Thesis is presented on 41 pages; consists of an introduction, 3 sections and a conclusion; contains 12 figures, 6 tables list of references from 18 items.

The purpose of this work is to develop a draft method for measuring the level of electric field strength along the main transport arteries of Kharkiv.

The object of research is the background electromagnetic field of the village of Pyatihatki.

During the work, a simple model was developed to establish the coordinates of the intersection of the research route with underground sources of electromagnetic fields.

The subject of research - the electric field strength.

KEY WORDS: ELECTROMAGNETIC FIELD, ELECTRIC FIELD VOLTAGE.

ЗМІСТ

ВСТУП 9
Розділ 1 10
1.1 Вплив на екологію 10
1.2 Біологічні ефекти 12
1.3 Екологічна безпека в світі 15
Розділ 2 17
2.1 Світові стандарти 17
2.2 Методика вимірювання і результати 20
Розділ 3 24
3.1 Обробка результатів 24
3.2 Розрахунки 27
ВИСНОВОК 39
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ 40

ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ ТА АБРЕВІАТУР

ЕП – електричне поле

ЕМП – електромагнітне поле

ЛЕП – лінія електропередач

ВСТУП

В сучасному світі високими темпами розвиваються наука та техніка, в зв’язку з цим в останні десятиліття спостерігається глобальне поширення різноманітних джерел електромагнітних полів, які використовуються в повсякденному житті та в промисловості. Прикладами таких джерел можуть служити: телевізори, комп’ютери, смартфони, мікрохвильові печі та інші побутові прилади. А також все більш широке поширення набуває професійне обладнання, яке використовують в виробництві, медицині, в торгівлі та інших сферах промисловості. Це призводить до підвищення рівня життя людини, але при цьому породжує безліч факторів, що впливають на його нормальну життєдіяльність. Серед цих факторів можна виділити електромагнітне випромінювання.

Оскільки антропогенні(головним чином, техногенні) джерела підвищують рівень фонового електромагнітного випромінювання в ході науково-технічного прогресу та перетворюють його в небезпечний екологічний фактор для людей, що займаються його дослідженням, а також населення, яке проживає в зонах впливу ЕМП від промислових об’єктів та користується електропобутовою технікою, то стоїть задача моніторингу та контролювання рівня електромагнітного впливу. Новизною роботи є розробка простої моделі для встановлення координат перетину маршруту досліджень з підземними джерелами електромагнітного поля.

В ході виконання дипломної роботи було виконані такі завдання:

- Дослідження напруженості електричного поля на території п’ятихаток, Київського району;
- Проведена статистична обробка отриманих результатів;
- Дослідження залежності напруження електричного поля від метеофакторів;
- Розроблено модель для пошуку підземних кабелів та місць їх пошкоджень.

Розділ 1

1.1 Вплив на екологію

Актуальність роботи. У 1995 році Всесвітньою організацією охорони здоров'я (ВООЗ) вперше було застосовано поняття «електромагнітне забруднення навколишнього середовища». Зазначимо, що програма ООН із захисту навколишнього середовища (UNEP, Найробійська декларація 1997 р.) [2] та проект ВОЗ "WHO EMF International Project" (2002)[3] підкреслюють, що електромагнітне поле (ЕМП) є біологічно активним, та в декількох випадках – є біотропним фактором, що здатен викликати патологічні зміни в людському організмі порушуючи його повноцінне функціонування. Є велика кількість досліджень і публікацій які визначають вплив ЕМП на людський організм(наприклад, [4-10]).

Загалом за тридцять останніх років було зроблено і опубліковано близько 25 тисячі статей, які освітлюють проблеми біологічних ефектів і медичного застосування неіонізуючого випромінювання. Дивлячись на те, як деяка кількість вважає, що треба і далі проводити дослідження в цій галузі, бачимо-знання в цій області досить широкі.

На підставі недавно проведеного поглибленого огляду наукової літератури, ВООЗ визначає, що наявні фактичні дані не свідчать про існування негативних наслідків на здоров'я біологічного організму під впливом електромагнітних полів низьких рівнів[4]. Та в знаннях про біологічні ефекти є певні прогалини, щоб стверджувати-необхідно продовжити проведення подальших наукових досліджень.

Електричні поля існують всюди, де є позитивний або негативний електричні заряди. Вони з певною силою впливають на інші заряди всередині поля. Сила або напруженість електричного поля (ЕП) вимірюється в вольтах на метр (В/м). Будь-який електричний дріт, який знаходиться під напругою, буде створювати супутнє електричне поле, яке існує навіть при відсутності

струму. Вище напруга-сильніше ЕП на заданій відстані від проводу. Найбільш сильними є електричні поля в безпосередній близькості від джерела заряду або дротів під напругою, а в міру віддалення від них сила електричних полів швидко зменшується. Провідники, наприклад, метали, є дуже ефективним захистом від ЕП. Інші матеріали, наприклад, будівельні матеріали або дерева, забезпечують деякий захист. Таким чином, сила ЕП, що утворюються від ліній електропередач (ЛЕП) поза межами будинку, в самій будівлі знижується за рахунок стін, будівельних матеріалів і дерев. Якщо кабелі прокладені під землею, ЕП на поверхні ледве визначаються.

ЕП, що створені електроприладами, – це приклад полів вкрай низької частоти (ВНЧ). Зазвичай вони мають частоту до 300 Гц. Інша техніка створює поля середньої частоти (СЧ) – від 300 Гц до 10 МГц і радіочастотні поля (РЧ) – від 10 МГц до 300 ГГц. Вплив ЕМП на організм людини залежить не тільки від рівня поля, але й від його частоти і енергії.

Мережева електрика, що поступає в наш дім, і всі побутові електроприлади є основними джерелами полів КНЧ; комп'ютерні монітори, протиугінні пристрої, а також системи безпеки є основними джерелами полів СЧ; радіо, телевізори, антени радарів і стільникові телефони, мікрохвильові печі – це основні джерела РЧ полів. Такі поля індукують електричні струми всередині організму людини, які можуть викликати ряд несприятливих ефектів, наприклад, нагрівання внутрішніх тканин організму і електричний шок. Все залежить від їх амплітуди і частоти. Однак, щоб викликати такі наслідки, зовнішні поля повинні бути дуже сильними, набагато сильніше за тих, що присутні у звичайному довкіллі.

ЕП НЧ впливають на організм людини точно так же, як на будь-який інший матеріал, що складається із заряджених частинок. Коли ЕП діють на електропровідні матеріали, вони впливають на розподіл електричних зарядів на поверхні і в середині таких матеріалів. Те, що людина на 80 % складається із води, робить людський організм вразливим до дії ЕМП. ЕП є причиною

того, що електричний струм проходить крізь тіло людини і йде в землю. Під впливом ЕМП клітини людини нагріваються. Якщо такий вплив довготривалий та доволі потужний – це може призвести до серйозних порушень у клітинах, тканинах, органах та системах людини (нервової, ендокринної, імунної та статевої).

1.2 Біологічні ефекти

Біологічні ефекти – це відповідні реакції організму на подразники або

зміни в навколишньому середовищі, що піддаються вимірюванню. Ці зміни є не обов'язково шкідливими для здоров'я людини.

Організм людини володіє тонкими механізмами для того, щоб підлаштуватися до безлічі самих різних впливів, які ми відчуваємо в умовах навколишнього середовища. Постійні зміни є невідмінною частиною нашого життя. Однак, немає сумнівів в тому, що організм не володіє адекватними компенсаційними механізмами по відношенню до всіх біологічних факторів. Зміни незворотного характеру, що створюють тривалий за часом стрес для організму, можуть становити загрозу для здоров'я.

Незаперечним є той факт, що ЕП вище певного рівня можуть викликати біологічні ефекти. Експерименти, які були проведені на здорових волонтерах, вказують на те, що короткочасний вплив ЕП тих рівнів, що присутні в навколишньому середовищі або в нашому будинку, не викликає явних шкидливих наслідків. Відносно впливу ЕП більш високого рівня, які здатні завдати шкоди здоров'ю, існують суворі обмеження, що сформульовані в національних і міжнародних нормативних документах. В наш час основні суперечки ведуться навколо того, чи може тривалий вплив ЕП низьких рівнів викликати відповідні біологічні реакції організму і впливати на самопочуття людей. Деякі представники громадськості пояснюють цілий ряд симптомів «розмитого» характеру тим, що в домашніх умовах ми піддаємося слабкому впливу ЕП. До числа симптомів відносять наступні: головний біль, відчуття

неспокою, суїцидального настрою і депресії, нудоти, відчуття втоми і втрату лібідо. На сьогоднішній день немає науково обґрунтованих даних, що підтверджують наявність зв'язку між цими симптомами і впливом ЕП. Принаймні, деякі з перерахованих проблем зі здоров'ям можуть виникати через шум або інші фактори навколишнього середовища, або через занепокоєння, що виникає в зв'язку з використанням нових технологій.

В наш час значні зусилля зосереджені на дослідженні ЕП у зв'язку з раковими захворюваннями. Триває дослідження, хоча і в менших масштабах, ніж в кінці 90-х років, можливих канцерогенних ефектів від полів промислової частоти.

Довготривалі несприятливі наслідки для здоров'я від мобільних телефонів – це ще одна область, в якій в даний час проводиться багато досліджень. Очевидні несприятливі наслідки від впливу радіочастотних полів низьких рівнів не виявлено. Однак, з огляду на суспільну стурбованість щодо безпеки стільникових телефонів, подальші дослідження спрямовані на з'ясування того, чи не можуть мати місце менш очевидні наслідки при дуже низьких рівнях впливу.

Підсумовуючи, наведемо основні положення ВООЗ щодо впливу ЕМП на здоров'я людини :

1. Широкий спектр чинників навколишнього середовища викликає біологічні ефекти. «Біологічні ефекти» і «загрози для здоров'я» – це не одне і теж. Для виявлення та оцінки загроз для здоров'я потрібно проведення спеціального дослідження.

2. На низьких частотах зовнішні електричні і магнітні поля індукують слабкі циркулюючі струми усередині організму людини. Практично у всіх звичайних умовах рівні індукованих струмів в організмі занадто малі, щоб викликати явні наслідки.

3. Основний ефект від радіочастотних ЕМП полягає в нагріванні внутрішніх тканин організму.

4. Немає сумнівів в тому, що короткочасний вплив дуже потужних ЕМП може завдати шкоди здоров'ю. Сьогодні громадську стурбованість в основному викликають довготривалі несприятливі наслідки для здоров'я від впливу ЕМП більш нижчого рівня, ніж той, який обумовлює гострі біологічні реакції.

5. Міжнародний проект "WHO EMF International Project" [3] був ініційований ВООЗ для того, щоб отримати науково-обґрунтовані і об'єктивні відповіді на питання, що викликають суспільну стурбованість, щодо можливих загроз для здоров'я від електромагнітних полів низьких рівнів.

6. Незважаючи на широкомасштабні дослідження, на сьогоднішній день немає фактичних даних, які дозволили б зробити висновок про те, що вплив ЕМП низьких рівнів шкодить здоров'ю людини.

7. Міжнародні дослідження зосереджені на вивченні можливих зв'язків між раковими захворюваннями і ЕМП промислового і радіочастотного діапазону.

За оцінкою стану зарубіжного та вітчизняного нормативно-правового забезпечення щодо обмеження впливу ЕМП та акустичних шумів об'єктів електроенергетики на здоров'я людини та навколишнє середовище, проведеного Науково-технічним центром електроенергетики НЕК «Укренерго» Міністерства енергетики та вугільної промисловості України [13].

В основному генеруються сильні електричні поля промислової частоти (ЕП ПЧ). Системи електропостачання (високовольтні лінії, шини підстанцій, трансформатори і високовольтні лінії). Рівень напруги ЕП, створюваного ЛЕП, залежить від конструкційних параметрів (діаметр і кількість жил, відстань між ними, їх висота над землею). У зв'язку з цим ступінь впливу на людей в

рамках ВЛ, залежать від відстані до струмопровідних частин. Найбільше значення ЕР зафіксовано під час присутності людини прямо під проводами і посередині між опорами. Коли ви йдете від осі лінії і ближче до опор вплив напруженості поля знижується до мінімуму.

Обслуговуючий персонал енергосистем, як правило, короткочасно піддається великим навантаженням ЕП. У крайніх випадках, наприклад при роботі з елементами ЛЕП, які перебувають під напругою, персонал знаходиться в зоні зі значно підвищеним впливом напруг ЕП і МП. Населення, що проживає біля ПЛ (поза санітарно-захисних зон) може виявитися в зоні впливу слабких полів.

Ступінь біологічного впливу ЕМП на організм людини залежить від частоти випромінювання, інтенсивності і напруги тривалості. У загальному випадку параметр, який визначає ступінь впливу ЕМП на тіло людини є щільність струму у організмі.

Інтенсивність високочастотної ЕМП, що генерується високочастотним пристроями електроенергетики, залежно від частоти впливу на персонал та населення менше, ніж інтенсивність ЕМП, створених електростанціями.

1.3 Екологічна безпека в світі

Ці проблеми знаходяться в центрі уваги багатьох організацій, таких як Всесвітня організація охорони здоров’я (ВООЗ), Міжнародна електротехнічна комісія (IEC), та інші. До них входять близько 40-ка національних об’єднань Європи та інших країн.

В зарубіжних країнах регулюванням і обмеженням забруднення навколишнього середовища ЕМП займаються певні державні організації з питань екологічної безпеки.

в США – Агентство охорони навколишнього середовища (US Environment Protection Agency), у Німеччині – Міністерство з охорони навколишнього середовища і ядерної безпеки

(Bundes ministerium fur Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit), та інші.

Перегляд екологічного регулювання насьогодні розвивається надзвичайно швидко. Проходить процес адаптації і доповнення нормативних документів. Також змінюється їх статус в правовому полі.

Рекомендаційний статус документів таких організацій, як CENELE, IRPA стають правовими нормами.

Прикладом є прийняті правила ЄС CEU ENV 50166 для захисту робочого персоналу від ЕМП з частотою від 0 до 300 ГГц. Вони стали юридичними документами і без змін прийняті Європейським комітетом зі стандартизації (CEN).

Розділ 2

2.1 Світові стандарти

Аналіз стандартних значень напруженості електричного та магнітного поля, рекомендованих відповідними міжнародними та національними організаціями, показує, що при однаковій інтенсивності вихідного струму індукованого струму в різних країнах кінцевим значенням є стандартні значення напруги, які відрізняються для ЕП та МП. Це, з одного боку, пов'язано з тим, що це на їхніх рахунках відповідно до відповідних правил у формулах для моделювання біологічного організму використовували різні коефіцієнти, а по-друге, для коефіцієнтів запасу використовували різні значення. Таким чином, при використанні стандартів ICNIRP загальний рівень експозиції зменшується в п'ять разів від базової лінії, що відповідає щільності струму 10 мА/м^2.

При застосуванні стандартів CENELEC, ступінь опромінення населення знизився у 2,5 рази та згідно з Рекомендацією NRPB (Великобританія) щодо ефективності різниці для персоналу та чисельності населення немає.

У світлі вищесказаного, максимальні рівні ЕМП, регульовані низкою міжнародних та національних стандартів, наближаючись до лінії електропередачі змінного струму загального користування не перевищує 10 кВ/м для електричного поля та 100 мкТл для магнітного поля. У цьому випадку максимально допустимі значення (ГДР) значень ЕРС на частоті 50 Гц для населення нижчі, ніж надане ICNIRP, особливо МП, де застосовуються вищі стандарти охорони здоров'я стосовно певного порогу негативних наслідків від ЕМП.

В Україні на даний момент діють «Державні санітарні норми і правила захисту населення від впливу електромагнітних випромінювань», затверджені Наказом Міністерства охорони здоров'я України від 01.08.96 № 239 (ДСН 239-

96), з доповненнями, затвердженими Наказом Міністерства охорони здоров'я України від 13.03.2017 № 266 [14].

Згідно цих норм, за граничний допустимий рівень (ГДР) прийняті такі значення напруженості електричного поля (ЕП):

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

- на території зони житлової забудови – 1 кВ/м;

- у населеній місцевості, поза зоною житлової забудови (землі в межах міста з урахуванням перспективного розвитку на 10 років, приміські та зелені зони, курорти, землі селищ міського типу, в межах селищної межі і сільських населених пунктів, в межах цих пунктів), а також на території городів і садів – 5 кВ/м;

- на ділянках перетину ЕП з автомобільними шляхами I – IV категорій – 10 кВ/м;

- у ненаселеній місцевості (незабудована територія, яку відвідують люди, доступна для транспорту, та сільськогосподарські угіддя) – 15 кВ/м;

- у важкодоступній місцевості (не доступній для транспорту та сільськогосподарських машин) та на ділянках, спеціально відгороджених для виключення доступу населення – 20 кВ/м.

Ці гранично допустимі рівні встановлені для ЕП, які не є викривленими присутністю людини.

Важливо, що, згідно ДСН 239-96, напруженість ЕП визначається на висоті 1,8 м від рівня землі, для приміщень – від рівня підлоги.

Причому контроль за дотриманням ГДР напруженості ЕП слід здійснювати:

– при прийманні в експлуатацію нових будинків, споруд та зон відпочинку і праці людей поблизу ЛЕП;

– після проведення заходів щодо зниження рівнів ЕП ЛЕП.

З метою захисту населення від впливу ЕП встановлюються санітарно-захисні зони. Санітарно-захисною зоною вважається територія, на якій напруженість ЕП перевищує 1 кВ/м.

Санітарно-захисна зона для ЛЕП встановлюється у вигляді земельної ділянки, межі якої регламентуються по обидві сторони від неї на певній відстані від проекції крайніх фазних проводів на землю, в перпендикулярному до передаючої лінії (ПЛ) напрямку:

20 м для ПЛ напругою 300 кВ;

30 м для ПЛ напругою 500 кВ;

40 м для ПЛ напругою 750 кВ;

55 м для ПЛ напругою 1150 кВ.

У м. Харкові екологічний моніторинг ЕМП проводить лише Державне Підприємство «Харківський обласний лабораторний центр МОЗ України». Якщо вимірювання рівня іонізуючого випромінювання проводиться щотижнево і оприлюднюється, то вимірювання рівня ЕМП проводиться тільки на платній основі згідно наступного прейскуранту [15]:

Визначення рівня напруженості електромагнітного поля промислової частоти, постійного магнітного поля або електростатичного поля (напруженість) в одній точці	136, 99 грн.
Визначення рівня напруженості електромагнітного випромінювання, щільності потоку енергії в одній точці	136, 99 грн.

Але, як це особливо підкреслювалося в роботі [7], для забезпечення охорони здоров‘я населення України від шкідливого впливу електромагнітних випромінювань на сьогодні вкрай необхідно:

– провести облік всіх джерел електромагнітного випромінювання на території України

– визначити рівні навантаження на населення електромагнітного випромінювання;

– створити медико-географічні карти електромагнітної обстановки для окремих міст України (особливо для її мегаполісів);

– провести санітарно-гігієнічну паспортизацію всіх радіотехнічних об’єктів України;

– створити електромагнітний моніторинг.

2.2 Методика вимірювання і результати

Ціллю даної роботи є розробка проекту методики вимірювання рівня напруженості електричного поля (ЕП) в діапазоні промислових частот уздовж основних транспортних артерій м. Харкова з метою визначення екологічної обстановки за цим ендогенним фактором.

Матеріали і методи досліджень. Дослідження проводилися на протязі жовтня 2020 р. на частині території Київського району м. Харкова (мікрорайон П’ятихатки) за маршрутом, що починався біля корпусу фізико-технічного факультету Харківського національного університету ім. В.Н. Каразіна і проходив уздовж Білгородського шосе, потім по пр. Академіка Курчатова до стадіону. Схема маршруту наведена на рисунку 1, де показані усі 15 постійних точок спостережень із зазначенням у дужках відстані L в метрах кожної точки від 1-ї початкової. Загальна протяжність маршруту складала 1565 м.

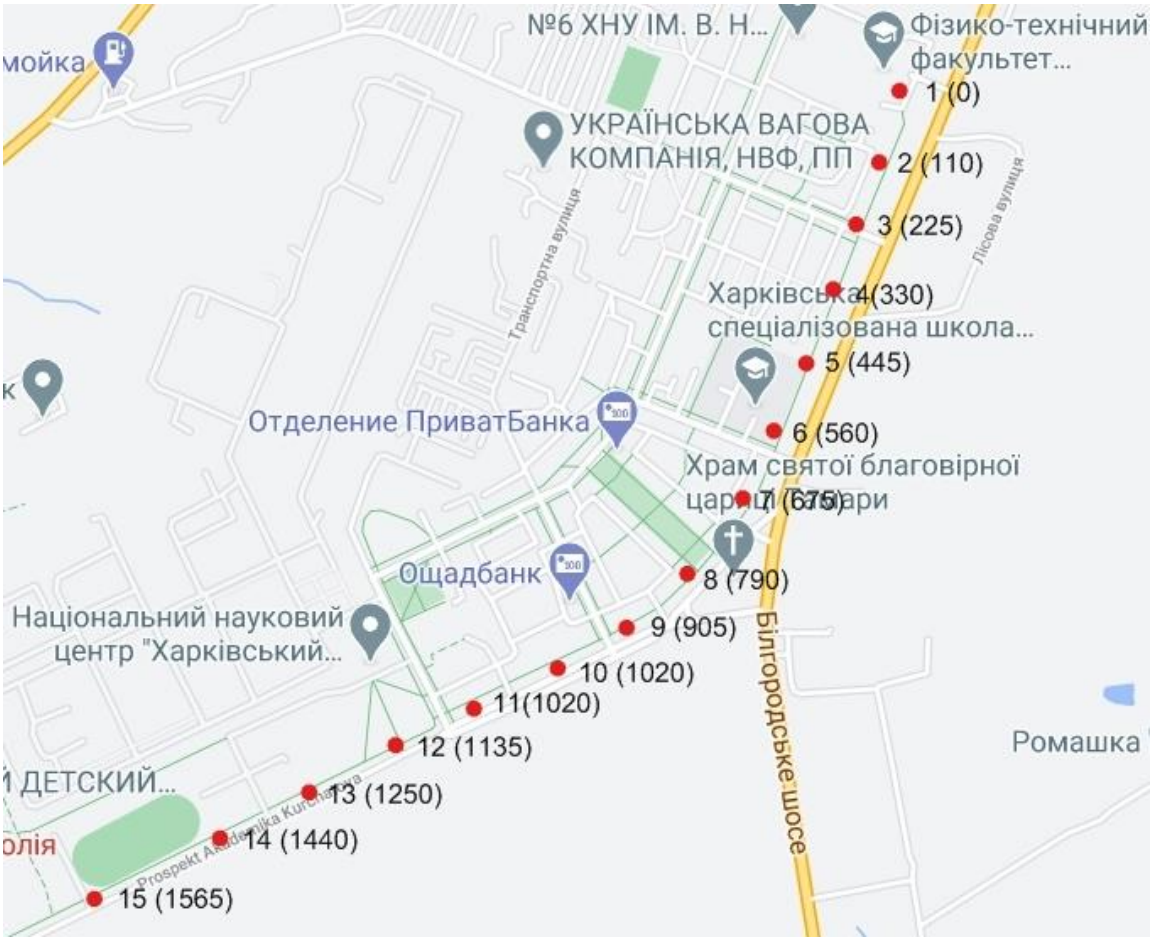


Рис. 1. Схема маршруту проведення спостережень

Вимірювання проводилися з 9-ї до 10-ї години ранку за допомогою вимірювача напруженості електричного поля VX 0100 (фірми Chauvin Arnoux, Франція). Вимірювання у кожній точці проводилися на висоті 1 м і 2 м від рівня землі відповідно. Використовувався діапазон промислових частот: 5 Гц – 3 кГц Під час проведення кожного вимірювання (1 хвилина) мікропроцесор вимірювача сам створював випадкову вибірку з даних вимірювань і виводив на дисплей середнє вибіркове значення модуля напруженості електричного поля в одиницях В/м. Використовувалися два діапазони напруженості ЕП: 1) від 1 до 200 В/м та 2) від 100 до 2000 В/м. Відносна похибка вимірювань на частоті 50 Гц складала 3 %. Вимірювач автоматично враховував присутність людини і виключав цей вплив на результати вимірювань.

Результати та їх обговорення. Результати за 10 днів вимірювань наведені в таблиці 2.

Таблиця 2.

Результати вимірювання напруженості ЕП в одиницях В/м

Висота 1 м											
№ точки	*L*, м	01.10	04.10	07.10	10.10	13.10	16.10	19.10	22.10	25.10	28.10
1	0	30	40	35	30	25	30	35	30	35	40
2	110	40	30	40	40	30	40	30	40	30	30
3	225	40	40	35	40	35	40	35	30	35	30
4	330	30	40	30	35	35	30	35	10	25	25
5	445	20	20	10	15	20	15	10	15	20	20
6	560	10	20	15	10	15	20	15	5	15	10
7	675	10	10	15	10	5	10	15	5	10	5
8	790	10	5	10	15	10	15	5	5	5	10
9	905	5	5	5	5	10	5	5	10	10	5
10	1020	10	5	5	10	5	5	5	5	5	5
11	1135	10	20	25	20	15	10	15	10	10	10
12	1250	20	20	15	20	25	20	15	20	10	10
13	1335	40	40	45	35	35	40	35	45	45	40
14	1440	40	50	45	45	50	50	45	50	50	45
15	1565	50	60	60	50	55	60	60	60	55	60
Висота 2 м											
№ точки	*L*, м	01.10	04.10	07.10	10.10	13.10	16.10	19.10	22.10	25.10	28.10
1	0	20	30	25	20	15	25	25	20	25	30
2	110	30	20	30	30	20	30	20	30	20	20
3	225	30	30	25	30	25	30	25	20	25	20
4	330	20	30	20	25	25	20	25	10	15	20
5	445	15	15	5	10	15	10	5	10	15	15

6	560	5	15	10	5	10	15	10	5	10	10
7	675	5	5	10	5	5	5	10	5	10	10
8	790	5	5	5	10	5	10	5	5	5	5
9	905	10	5	10	5	10	5	5	10	5	5
10	1020	5	5	5	5	10	5	5	5	5	5
11	1135	10	15	20	10	10	5	10	5	10	5
12	1250	15	15	10	15	15	15	10	15	5	10
13	1335	30	30	30	25	25	30	25	30	30	30
14	1440	30	35	30	30	35	35	30	35	35	30
15	1565	40	40	40	35	40	40	40	40	35	40
T, ^{o}C		14	12	15	13	16	11	6	7	10	5
P, мм рт. ст..		762	770	768	767	765	761	764	766	760	769
H, %		50	46	51	54	89	93	70	86	91	74

В таблиці 2 також для порівняння наведені метеорологічні умови під час проведення вимірювань, а саме: температура повітря Т у С; атмосферний тиск Р у мм рт. ст.; та вологість повітря Н у відсотках. Ці дані були вилучені з сайту «Архів погоди. Харків» на потрібну дату та час [16].

Розділ 3

3.1 Обробка результатів

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

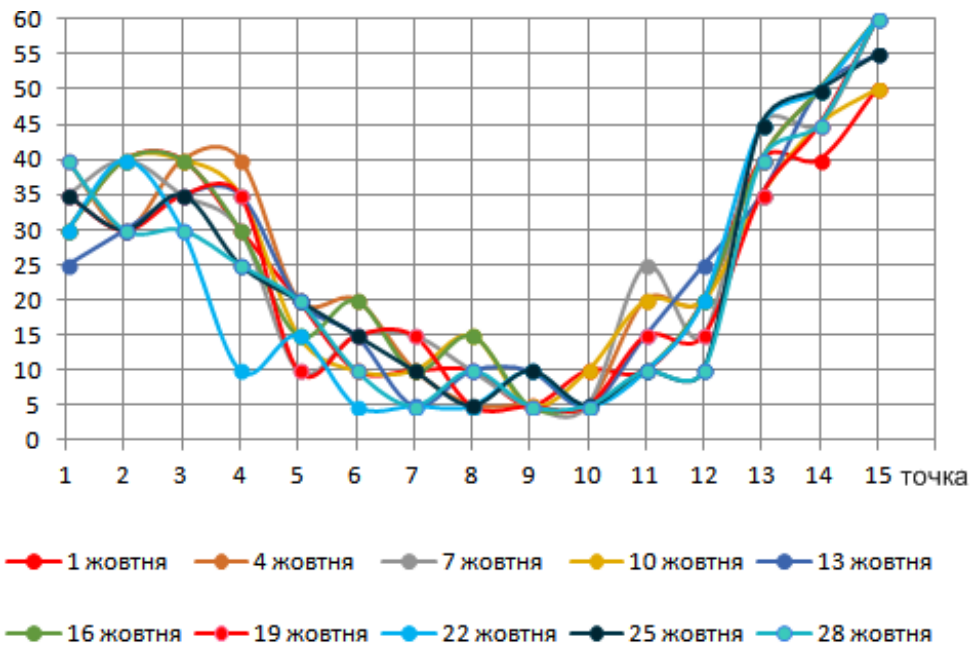


Рис. 2. Результати вимірювань напруженості ЕП на висоті 1 м

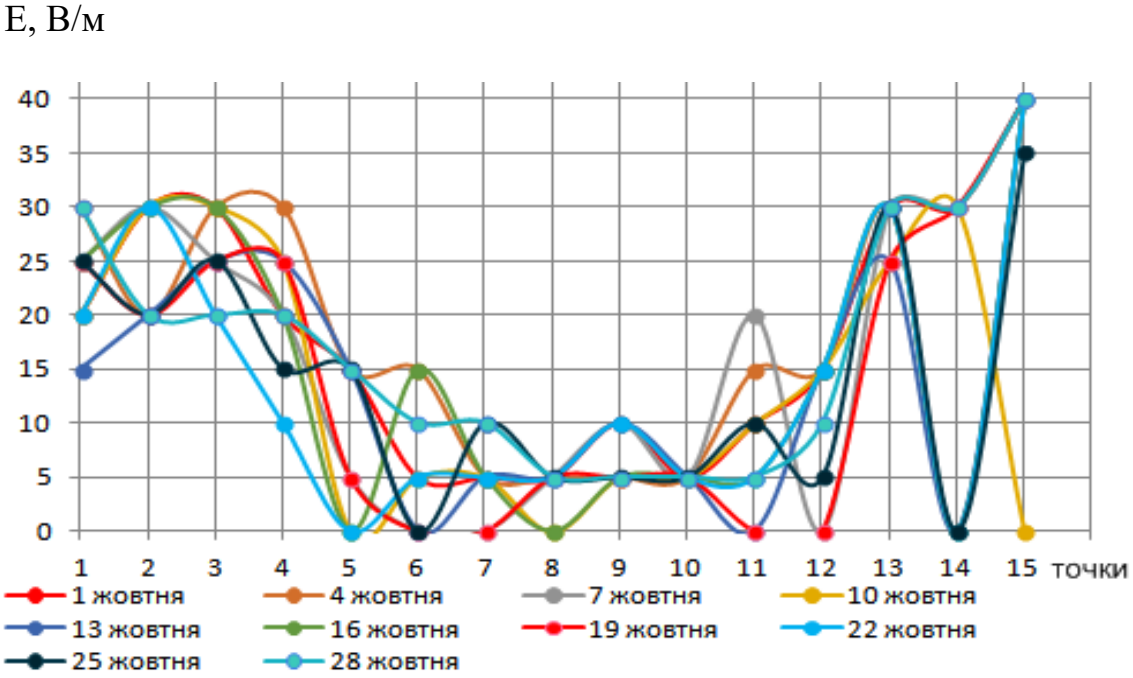


Рис. 3. Результати вимірювань напруженості ЕП на висоті 2 м

Графіки на рисунках 2 та 3 з метою більшої інформативності було розгорнуто за датами на рисунках 4 і 5.

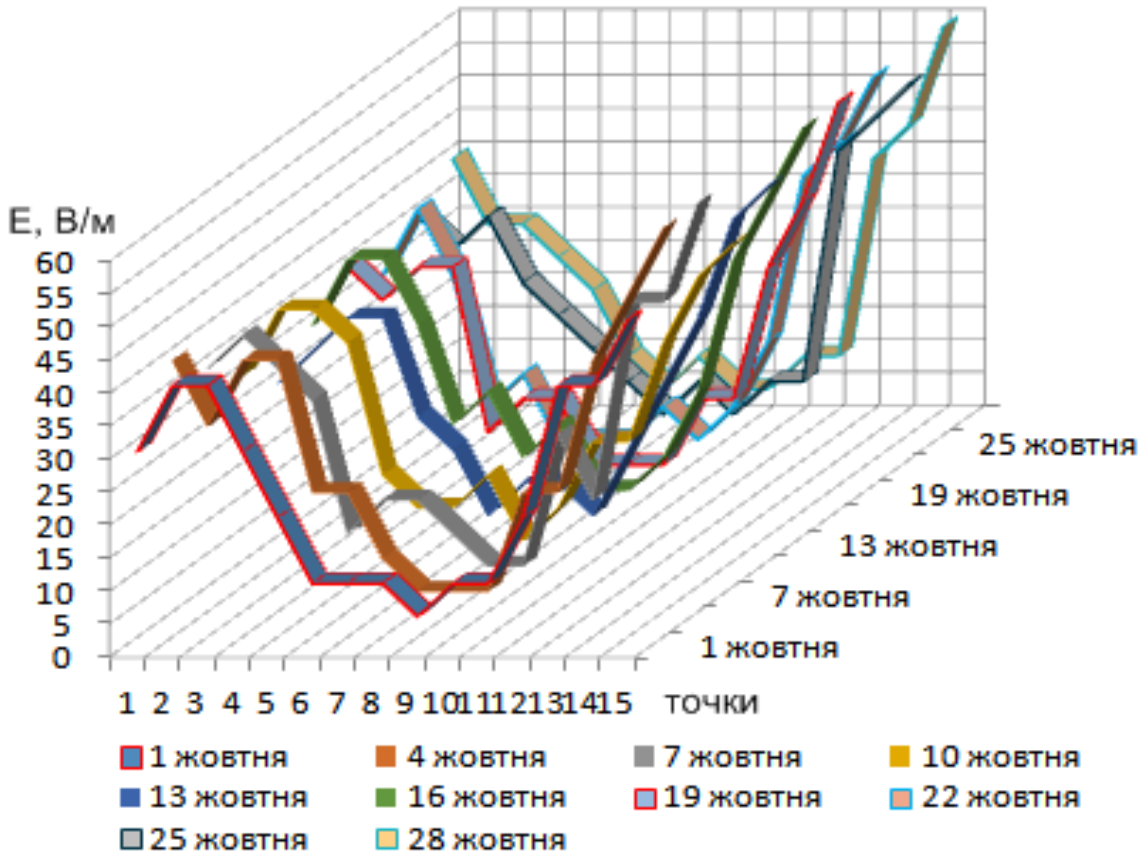
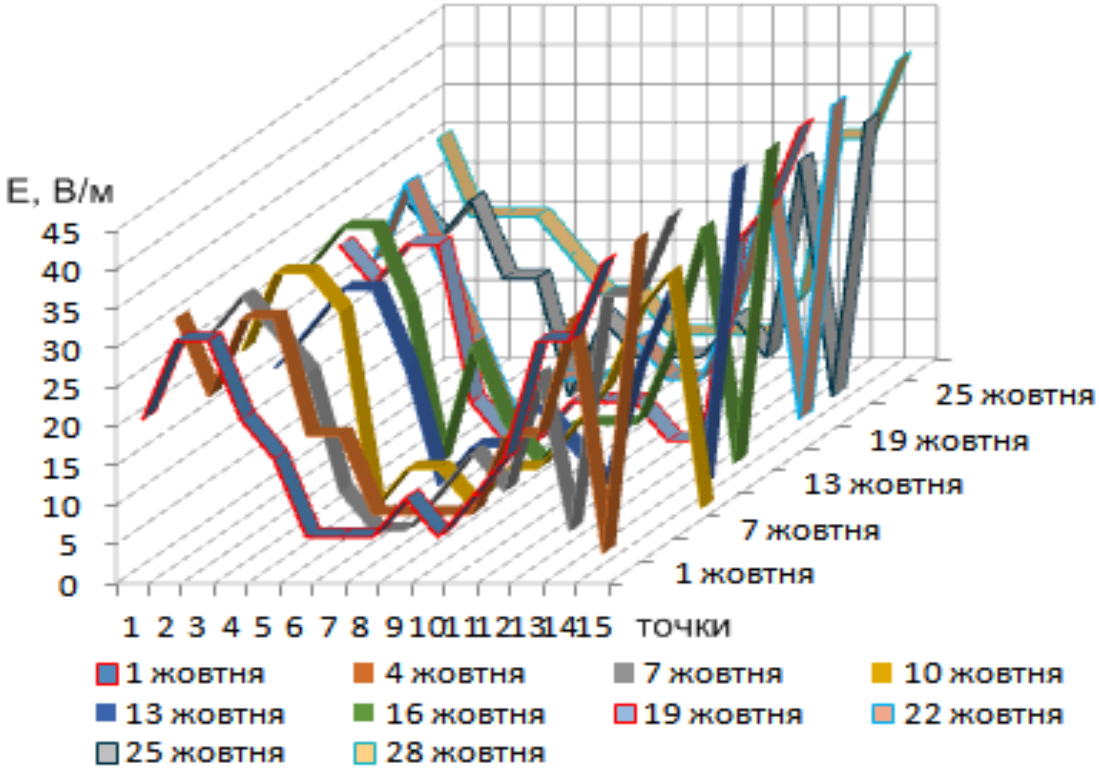


Рис. 4. Результати вимірювань напруженості ЕП на висоті 1 м за різні дати



. Рис. 5. Результати вимірювань напруженості ЕП на висоті 2 м за різні дати

Дані таблиці 2 та рисунки 2 – 5 свідчать про те, що в жодній контрольній точці під час вимірювань не було зафіксовано перевищення ПДР напруженості ЕП (1 кВ/м [14]). Також зі збільшенням висоти точки спостереження від 1 м до 2м напруженість ЕП практично всюди спадала – це говорить про те, що джерело ЕП знаходилося або під землею, або на поверхні.

3.2 Розрахунки

З метою пошуку статистичних закономірностей в результатах вимірювань за весь період спостережень за даними таблиці 1 були побудовані кореляційні

матриці, які наведені в таблицях 3 і 4 відповідно.

Таблиця 3.

Кореляційна матриця для результатів вимірювань на висоті 1 м

Точки	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	*T*	*P*	*H*
1	1																	
2	-0,44	1																
3	-0,17	0,27	1															
4	0,11	-0,32	0,69	1														
5	0,03	-0,38	0,07	0,02	1													
6	0,22	-0,33	0,53	0,68	-0,01	1												
7	0,25	0,14	0,42	0,44	-0,68	0,43	1											
8	-0,41	0,53	0,43	0,24	-0,07	0,06	-0,04	1										
9	-0,43	-0,22	-0,47	-0,51	0,31	-0,27	-0,53	-0,41	1									
10	-0,33	0,50	0,53	0,19	0,13	-0,39	0,07	0,47	-0,33	1								
11	0,17	0,10	0,28	0,54	-0,45	0,29	0,53	0,10	-0,36	0,05	1							
12	-0,71	0,33	0,43	0,24	0,07	0,06	-0,23	0,29	0,12	0,27	0,16	1						
13	0,28	0,26	-0,35	-0,65	0,00	-0,14	0,00	-0,35	0,28	-0,32	-0,12	-0,42	1,00					
14	-0,07	-0,30	-0,16	-0,15	0,15	0,37	-0,34	-0,24	0,59	-0,68	-0,09	0,16	0,19	1,00				
15	0,49	-0,25	-0,47	-0,21	-0,35	0,31	0,07	-0,37	-0,05	-0,88	0,05	-0,27	0,32	0,45	1,00			
T	-0,49	0,30	0,59	0,47	0,12	0,30	0,15	0,40	0,02	0,36	0,50	0,58	-0,11	-0,07	-0,50	1,00		
P	0,46	-0,12	-0,22	0,16	-0,06	-0,12	-0,12	-0,07	-0,31	-0,11	0,60	0,03	-0,08	-0,04	0,32	-0,05	1,00	
H	-0,36	-0,20	-0,43	-0,47	0,13	0,00	-0,46	-0,04	0,67	-0,51	-0,65	-0,06	0,11	0,62	0,24	-0,32	-0,54	1

Таблиця 4.

Кореляційна матриця для результатів вимірювань на висоті 2 м

Точки	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	*T*	*P*	*H*
1	1																	
2	-0,33	1																
3	-0,06	0,27	1															
4	0,17	-0,37	0,57	1														
5	-0,03	-0,36	0,07	0,03	1													
6	0,57	-0,45	0,22	0,42	0,03	1												
7	0,49	-0,39	-0,48	-0,14	-0,37	0,14	1											
8	-0,11	0,50	0,53	0,14	-0,16	0,05	-0,41	1										

9	-0,64	0,41	-0,22	-0,34	-0,06	-0,46	-0,24	-0,41	1									
10	-0,63	-0,33	-0,09	0,25	0,29	0,07	-0,27	-0,17	0,41	1								
11	0,11	-0,02	0,29	0,43	-0,32	0,18	0,25	-0,29	0,23	0,02	1							
12	-0,41	0,45	0,40	0,29	0,08	-0,13	-0,89	0,37	0,31	0,25	-0,14	1						
13	0,51	0,22	-0,12	-0,49	0,25	0,20	0,07	-0,22	0,09	-0,51	-0,02	-0,17	1					
14	-0,11	-0,20	0,00	-0,19	0,40	0,43	-0,42	0,00	0,00	0,33	-0,22	0,13	0,22	1				
15	0,12	-0,02	-0,22	0,07	-0,12	0,30	-0,06	-0,40	0,41	0,17	0,01	0,35	0,24	0,02	1			
T	-0,50	0,30	0,59	0,34	0,11	0,01	-0,41	0,15	0,47	0,47	0,58	0,35	-0,14	0,08	-0,09	1		
P	0,33	-0,12	-0,22	0,39	-0,07	0,04	0,02	-0,18	0,01	-0,02	0,34	0,24	-0,03	-0,25	0,24	-0,05	1	
H	-0,23	-0,20	-0,43	-0,51	0,14	0,16	0,03	0,09	-0,06	0,35	-0,65	-0,22	-0,02	0,59	-0,03	-0,32	-0,54	1

Ці матриці були розраховані за допомогою інструменту «Кореляція» з пакету «Аналіз даних» ППП MS Excel. Як свідчать дані таблиць 3 і 4, кореляція між результатами вимірювань в різних точках та з метеоданими під час вимірювань не перевищує середню, а переважно є слабкою і дуже слабкою.

Для з’ясування впливу на мінливість напруженості ЕМ двох факторів: 1) розташування точки вимірювання і 2) дати проведення вимірювання було застосовано двохфакторний дисперсійний аналіз за допомогою інструменту «Двохфакторний дисперсійний аналіз без повторень» з пакету «Аналіз даних» ППП MS Excel. Результати для висоти 1 м наведені в таблиці 5, а для висоти 2 м – в таблиці 6.

Таблиця 5.

Результати застосування двохфакторного дисперсійного аналізу (висота 1 м)

Дисперсійний аналіз						
Джерело варіації	*SS*	*df*	*MS*	*F фактичне*	*P-значення*	*F критичне*
Точки	36074	14	2576,714	125,8721	6,82E-67	1,771024
Дати	258,1667	9	28,68519	1,401266	0,194378	1,954953
Випадкові	2579,333	126	20,4709			
Разом:	38911,5	149				
Вплив факторів, %						
Точки	92,71					
Дати	0,66					
Випадкові	6,63					

Таблиця 6.

Результати застосування двохфакторного дисперсійного аналізу (висота 2 м)

Дисперсійний аналіз						
Джерело варіації	*SS*	*df*	*MS*	*F фактичне*	*P-значення*	*F критичне*
Точки	16571,87	14	1183,705	91,16718	8,11E-59	1,771024
Дати	147,2647	9	16,36275	1,260235	0,265054	1,954953
Випадкові	1635,971	126	12,98389			
Разом:	18355,1	149				
Вплив факторів, %						
Точки	90,28					
Дати	0,80					

Випадкові	8,91					

Дані таблиць 5 і 6 свідчать про те, що в основному напруженість ЕП змінювалася уздовж маршруту (на 92,71 % для висоти 1 м і на 90,28 % для висоти 2 м), але практично не залежала від дати проведення вимірювань (менш, ніж на 1 %).

Для порівняння результатів вимірювань на висоті 1 м і 2 м відповідно за вечь час вимірювань за допомогою інструменту «Кореляція» були розраховані відповідні коефіцієнти кореляції. Для наочності результати наведені на рисунку 6.

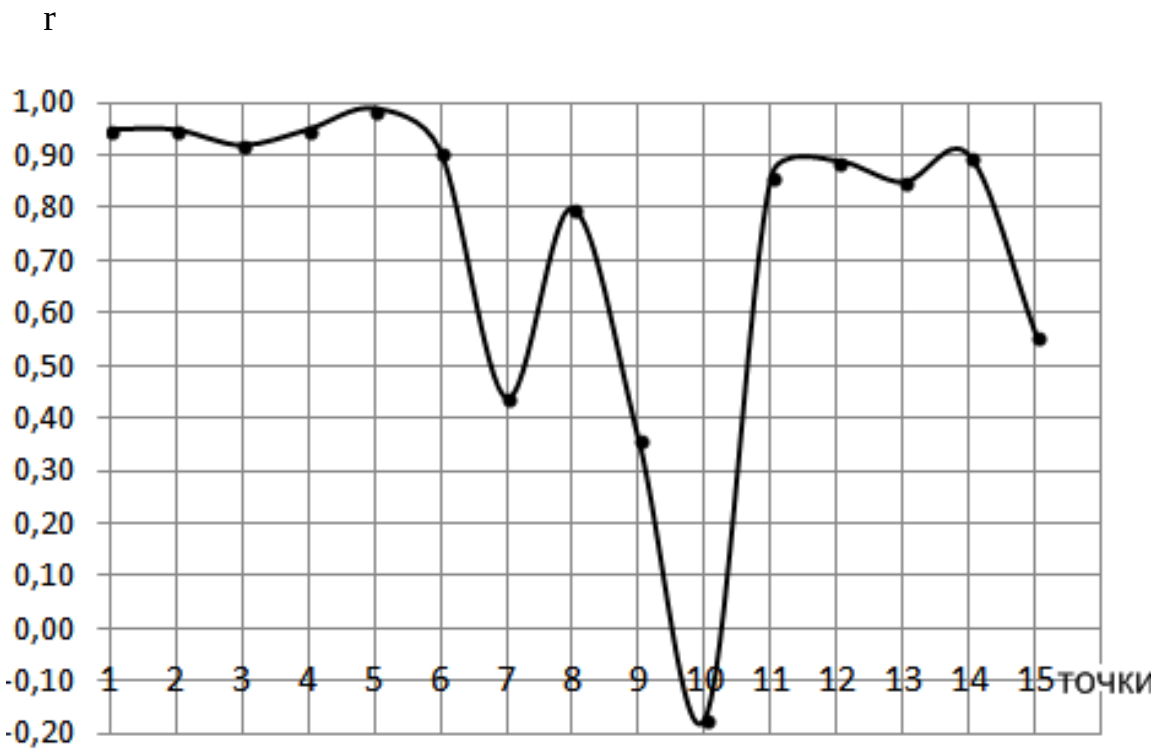


Рис. 6. Коефіцієнт кореляції r між результатами вимірювань на висоті 1 м і 2 м в залежності від номеру точки уздовж маршруту

Цей рисунок говорить про те, що висока і дуже висока кореляція існує на початку і наприкінці маршруту (окрім останньої 15-ї точки на стадіоні). Але вона зменшується практично до нуля у середині маршруту. Це вказує на

наявність джерел ЕП промислової частоти (наприклад, кабелів) поблизу початкових і кінцевих точок на карті рис. 1.

Надалі досліджувалася залежність напруженості ЕП від метеофакторів під час досліджень. Як відомо, напруженість ЕП залежить зворотно пропорційно від відносної діелектричної проникності середовища ε, а остання залежить від температури та вологості повітря і атмосферного тиску, але дуже слабо [17].

На рисунках 7 і 8 в якості прикладу наведена залежність напруженості ЕП в точках 1, 10 та 15 на висоті 1 м і 2 м від температури повітря.

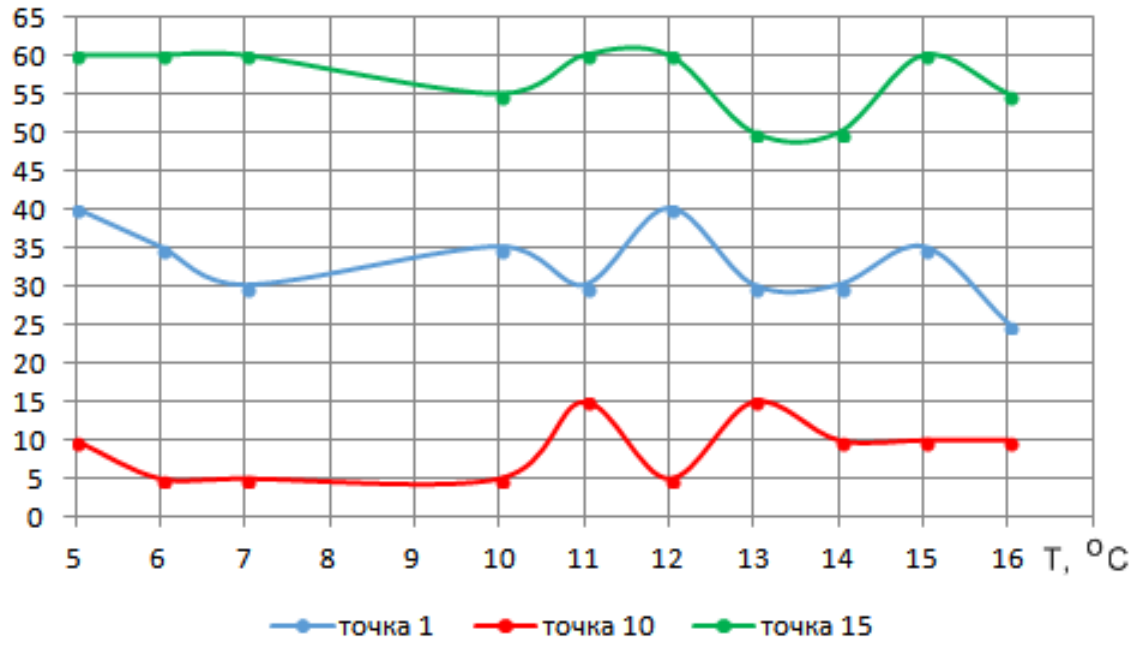


Рис. 7. Залежність напруженості ЕП на висоті 1 м від температури повітря

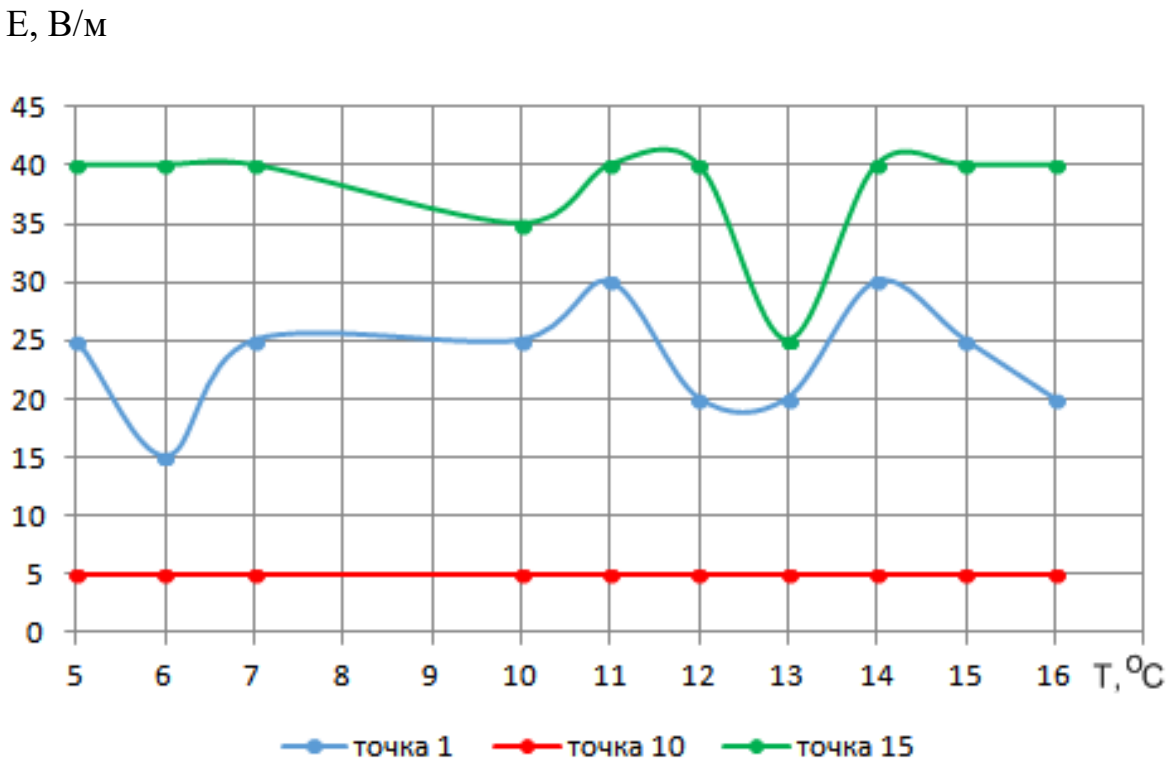


Рис. 8. Залежність напруженості ЕП на висоті 2 м від температури повітря

Ці рисунки говорять про те, що на висоті 1 м в усіх точках маршруту напруженість ЕП змінювалася хаотично в межах 10 В/м, що може бути обумовлено впливом випадкових факторів (до 10 % згідно таблиць 5 і ☺ Так саме і в крайніх точках і на висоті 2 м. Але в середині маршруту на цій ж висоті напруженість залишалася сталою.

На рисунках 9 і 10 також в якості прикладу наведена залежність напруженості ЕП в точках 1, 10 та 15 на висоті 1 м і 2 м від атмосферного тиску.

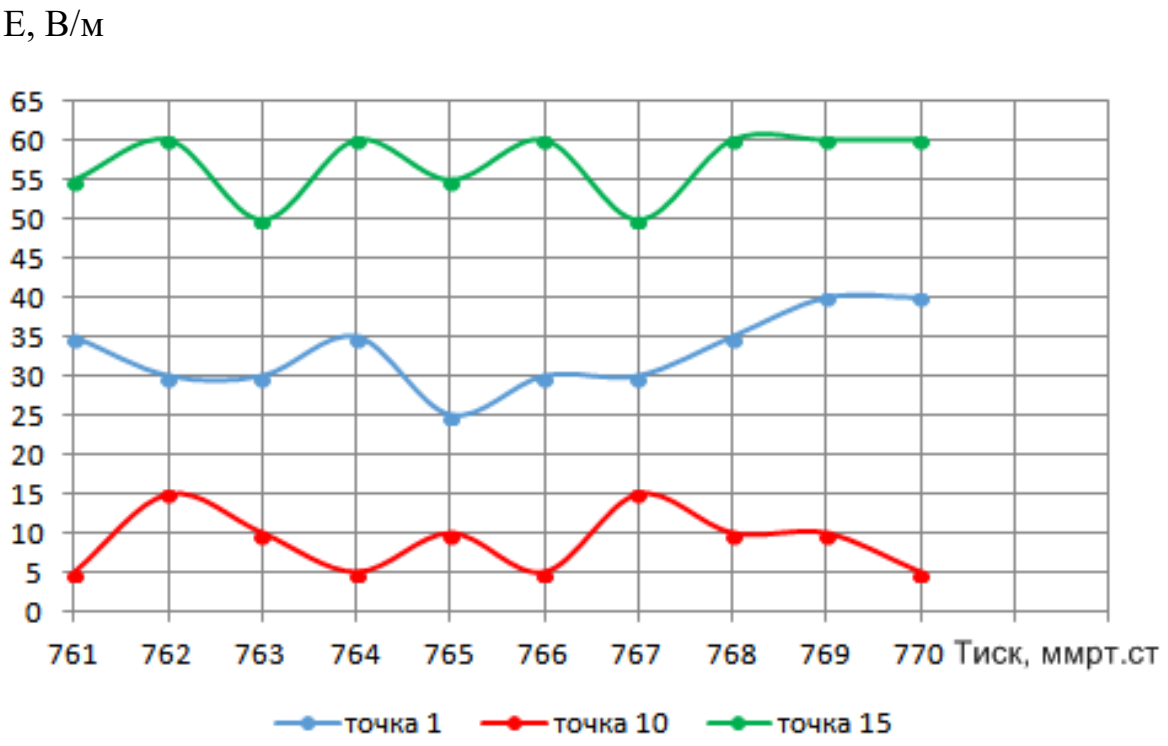


Рис. 9. Залежність напруженості ЕП на висоті 1 м від атмосферного тиску

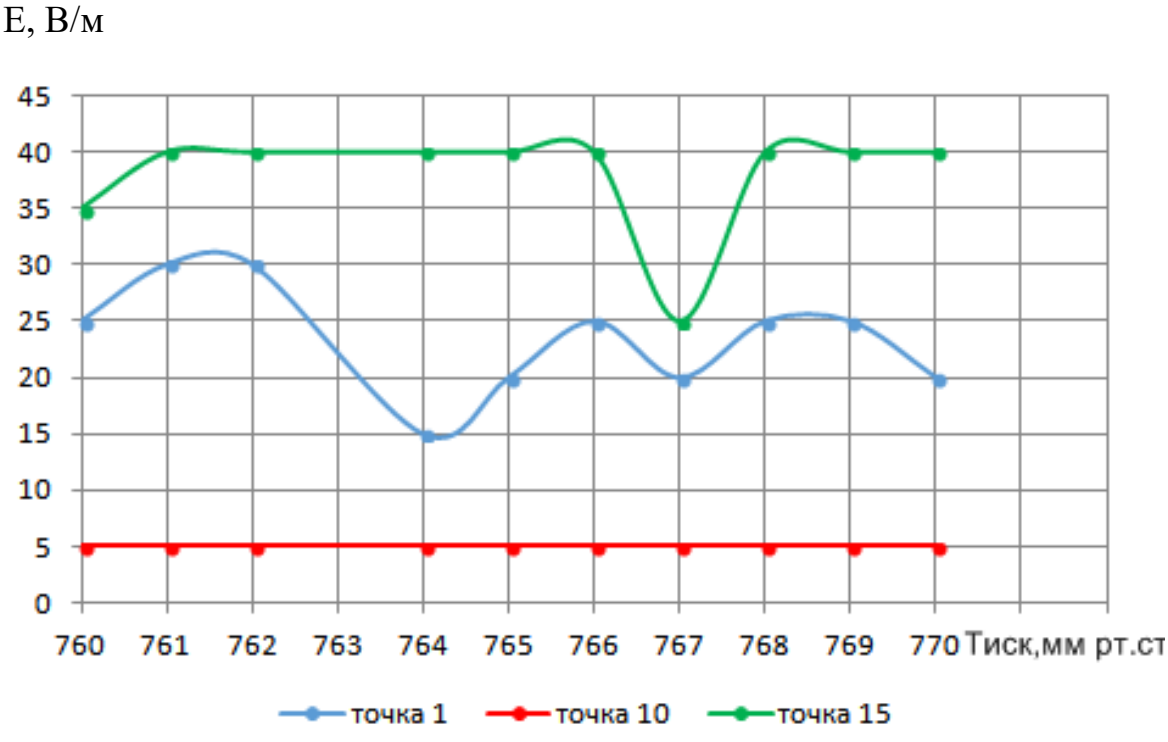


Рис. 10. Залежність напруженості ЕП на висоті 2 м від атмосферного тиску

Взагалі ця залежність нагадує залежність напруженості від температури, але трохи в більшому діапазоні змін напруженості ЕП (окрім середніх точок на висоті 2 м, де напруженість практично не змінюється).

На рисунках 11 і 12 наведена залежність напруженості ЕП в точках 1, 10 та 15 на висоті 1 м і 2 м від вологості повітря.

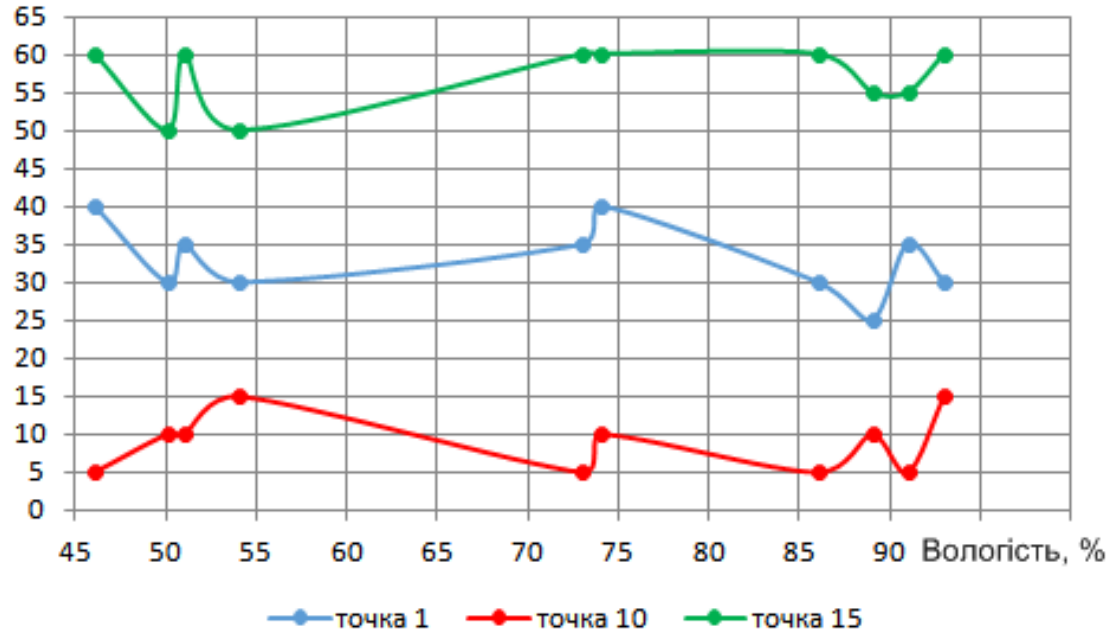


Рис. 11. Залежність напруженості ЕП на висоті 1 м від вологості повітря

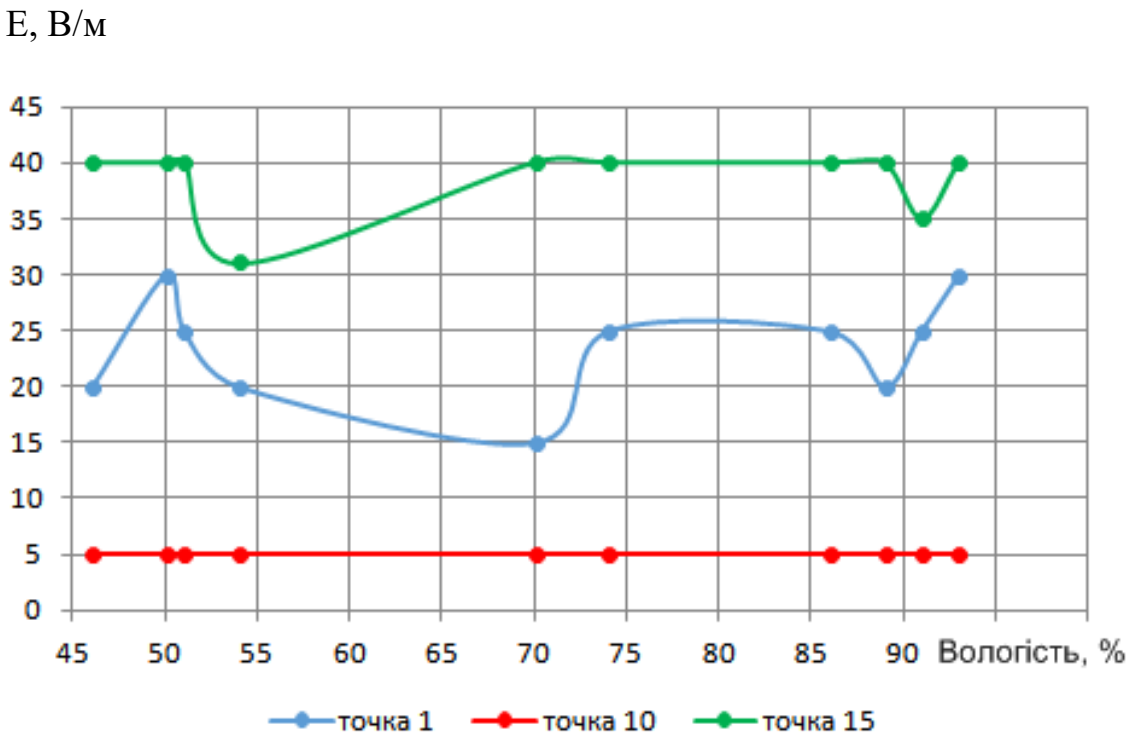


Рис. 12. Залежність напруженості ЕП на висоті 2 м від вологості повітря

Ця залежність змінюється також хаотично в межах 10 В/м на висоті 1 м і в крайніх точках на висоті 2 м. Але в середині маршруту на висоті 2 м напруженість залишалася також сталою. Різкі стрибки напруженості обумовлені тим, що вологість повітря під час проведення вимірювань в деякі дні була практично однаковою, а напруженість ЕП – різною.

Підкреслимо, що дані вимірювань (табл. 2 та рис. 2 – 5) вказують те, що на початку та наприкінці маршруту існують деякі підземні джерела підвищеної напруженості ЕП (тобто кабелі та т.і.). 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 l0, 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 [18]. Для вимірювань на висоті 1 м маємо:

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

відповідно,

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

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

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

відповідно

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

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 $\delta(l)$ – відношення $\frac{E_1}{E_2}$ в деякій точці l маршруту. Маючи цілу таблицю 2 результатів вимірювань у 15-ти точках на протязі 10 днів, можна

розрахувати значення l_0 методом найменших квадратів. Але слід враховувати, що поблизу точки перетину l_0 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. 6. підказує в якому околі слід шукати координати l_0. З цього рисунку видно, що це – околи точок 1 – 6 та 11 – 14.

Використовуючи пакет «Пошук рішення» ППП MS Excel, методом найменших квадратів отримаємо координати точок перетину: l_{01}= 216,5 м (з середньою відносною похибкою 34,1 %) та l_{02}= 1333,3 м (з середньою відносною похибкою 6,9 %). 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.

ВИСНОВОК

1. На протязі жовтня 2020 р. були проведені дослідження напруженості електричного поля технічного діапазону частот на частині території Київського району м. Харкова вздовж маршруту, що починався біля корпусу фізико-технічного факультету Харківського національного університету ім. В.Н. Каразіна і проходив уздовж Білгородського шосе, потім по пр. Академіка Курчатова до стадіону на висоті 1 м і 2 м від рівня землі відповідно. Загальна протяжність маршруту складала 1565 м..

2. Результати вимірювань в жодній точці не виявили перевищення гранично допустимого рівня напруженості електричного поля на місцевості, що дорівнює, згідно ДСН 239-96, 1 кВ/м.

3. Статистична обробка результатів була проведена із застосуванням кореляційного та дисперсійного аналізу.

4. В результаті досліджень було встановлено, що значення напруженості ЕП на висоті 1 м практично завжди перевищували значення напруженості на висоті 2 м, що вказує на наявність підземних джерел ЕП (кабелів та т.і.).

5. Була досліджена залежність напруженості електричного поля від метеофакторів під час проведення вимірювань, а саме: температури і вологості повітря та атмосферного тиску. Ця залежність взагалі носила нерівномірний характер, що свідчить про значний внесок випадкових факторів.

6. Була розроблена проста модель для встановлення координат перетину маршруту досліджень з підземними джерелами ЕП. За допомогою методу найменших квадратів були встановлені дві точки можливого розташування підземного кабелю: на відстані 216,5 м і 1333,3 м від початку маршруту. Запропонована модель може знайти застосування при пошуках підземних кабелів, або місць їх пошкоджень.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Електронний ресурс: https://www.who.int/ останнє звернення 10.11.2020.

2. Електронний ресурс: https://www.unep.org/ останнє звернення 10.11.2020.

3. International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection (ICNIRP). Guidelines for limiting exposure to time-varying electric, magnetic, and electromagnetic fields (up to 300 GHz). Health Phys. 1998, 74(4), P.494–522.

4. Електронний ресурс: www.who.int/pehemf/about/WhatisEMF/ останнє звернення 10.11.2020.

5. Hietanen, M., Kalliomäki, K., Kalliomäki, P. L., Lindfors, P. Measurements of strengths of electric and magnetic fields near industrial and radio-frequency heaters. Radio Sci.,1979, vol. 14(6S), P.31–33.

6. Nelson S. O. Review and assessment of radio-frequency and microwave energy for stored-grain insect control. Trans. ASABE, 1996, vol. 39(4), P.1475–1484.

7. 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.

8. Думанський Ю.Д., Сердюк А.М., Селезньов Б.Ю. Електромагнітне забруднення навколишнього середовища – сучасна гігієнічна проблема (підсумки та перспектива досліджень). Гігієна населених місць : зб. наук. пр. К., 2003. Вип. 41. С.195–204.

9. Безверха А.П. Обробка та результати психодіагностичного опитування для оцінки стану здоров’я населення під дією електромагнітного випромінювання терміналів транкінгового зв’язку. Гігієна населених місць : зб. наук. пр. К., 2007. Вип. 49. С. 273–281.

10. Сердюк А.М. Гігієнічне обґрунтування для населення гігієнічних нормативів магнітного поля – 50 Гц, що створюється кабельними лініями електропередачі на територіях різного функціонального призначення / Сердюк А.М., Думанський Ю.Д., Біткін С.В., Думанський В.Ю., Нікітіна Н.Г., Томашевська Л.А., Зотов С.В., Медведєв С.В., Дідик Н.В., // Збірка тез доповідей науково-практичної конференції «Актуальні питання гігієни та екологічної безпеки України», м.Київ, 20-21 жовтня 2016 р., С. 186-189.

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

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

13. Оцінкою стану зарубіжного та вітчизняного нормативно-правового забезпечення щодо обмеження впливу ЕМП та акустичних шумів об’єктів електроенергетики на здоров’я людини та навколишнє середовище. Науково-технічний центр електроенергетики НЕК «Укренерго» Міністерства енергетики та вугільної промисловості України. Київ, 2012. – 45 с.

14. 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.

15. Електронний ресурс: https://labcenter.kh.ua/ останнє звернення 10.11.2020.

16. Електронний ресурс: https://pogoda.meta.ua /Kharkiv/archive/2020/ останнє звернення 10.11.2020.

17. Зайцев Ю.В., Кустов Е.Ф., Кузищина Т.К. Физико-химические свойства элементов проводников. М. : Издательство МЭИ, 2002. – 523 с.

18. Тамм И.Е. Основы теории электричества. М. : Наука, 1989. – 504 с.