

РАСЧЁТНЫЕ И ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ОСНОВЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ЗАЩИТНЫХ СВОЙСТВ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ЭКРАНОВ

Левченко Л.А., Глыва В.А., Подобед И.М.

Разработаны методы определения вклада в коэффициенты экранирования электромагнитных экранов поглощения энергии полей и их отражения. Разработаны композитные электромагнитные экраны с управляемыми защитными свойствами. Даны практические рекомендации по выбору материалов для изготовления электромагнитных экранов и их использованию.

CALCULATED AND EXPERIMENTAL BASIS FOR DETERMINING THE PROTECTIVE PROPERTIES OF ELECTROMAGNETIC SHIELDS

L.A. Levchenko, V.A. Glyva, I.M. Podobed

The methods of determination of contribution are developed to the coefficients of screening of electromagnetic screens of absorption of energy of the fields and their reflection. Composite electromagnetic screens are developed with the guided protective properties. Practical recommendations for the selection of materials for electromagnetic shields and their use.

ГІГІЄНІЧНА ОЦІНКА ПРОСТОРОВОГО РОЗПОДІЛУ МАГНІТНОГО ПОЛЯ, ЩО СТВОРЮЄТЬСЯ КАБЕЛЬНИМИ ЛІНІЯМИ (КЛ) ЕЛЕКТРОПЕРЕДАЧІ ТА ЇЇ ОБЛАДНАННЯМ (по матеріалам розгляду проектів будівництва КЛ)

*Думанський В.Ю., Томашевська Л.А., Медведєв С.В., Біткін С.В., Безверха А.П.
ДУ «Інститут гігієни та медичної екології ім. О.М. Марзєєва НАМНУ України», м. Київ*

В останні роки все гостріше ставиться питання про заміну в населених місцях повітряних ліній (ПЛ) електропередачі змінного струму з напругою від 10 до 330 кВ на кабельні лінії (КЛ) відповідної напруги.

До складу мережі кабельних ліній входять сама КЛ, трансформаторні підстанції, розподільчі пристрої та інші засоби. Всі складові цієї мережі є джерелами електричного та магнітного поля, під впливом яких знаходиться як загальне, так і працююче населення. До останнього часу магнітне поле, в Україні, в аспекті охорони здоров'я населення від впливу кабельних ліній не розглядалось. На даний час в світі є тільки рекомендації щодо регламентування цього фактору, згідно з якими для населення рекомендовані наступні допустимі рівні магнітного поля. В Нідерландах – 0,4 мкТл (в місцях знаходження дітей); Швеції – 1 мкТл (в місця довготривалого перебування людей); Ізраїлі – 1 мкТл (для загального населення); Ірландії – 16 мкТл (для житлової забудови); Росії –

50 мкТл (для житлової забудови) [1,2,3]. Зазначені допустимі рівні не мають біологічного обґрунтування, а також вони не ураховують умов розміщення та експлуатації кабельних ліній в умовах міської забудови.

В зв'язку з цим для вирішення цих питань нами були намічені відповідні біологічно-гігієнічні та фізичні дослідження. Першим етапом яких був аналіз літератури з даного питання. На основі цього аналізу та власних досліджень Інститут гігієни та медичної екології О.М. Марзєєва НАМН України для загальних потреб народного господарства, в тому числі потреб енергетики, запропонував тимчасові гігієнічні нормативи магнітного поля змінного струму, згідно яких на території житлової забудови на висоті 0,5 метрів над КЛ рівень магнітної індукції не повинен перевищувати 10 мкТл [4]. Цей норматив потребує подальшого біологічно-гігієнічного обґрунтування в залежності від умов розміщення та експлуатації кабельних ліній, а та-

кож для подальшого обґрунтування відповідних гігієнічних нормативів для населення.

Мета досліджень. Полягає в захисті здоров'я населення від впливу магнітного поля, що створюється високовольтними (10-330 кВ) кабельними лініями електропередачі.

$$\dot{B}_k(x, y) = \mu_0 \cdot \mu_r \cdot \frac{I_k}{\sqrt{(x - X_k)^2 + (y - Y_k)^2}} \cdot \exp \left[j \cdot \left(\psi_k - \frac{\pi}{2} \right) \right]$$

де, I_k – комплексний діючий струм k -го кабелю, А;

X_k, Y_k – координати сліду геометричної осі k -го кабелю на площині перетину;

$\psi_k = \arg[(x - X_k) + j \cdot (y - Y_k)]$ – кут, радіан.

Виміри рівнів магнітної індукції виконувались за допомогою тесло-метра.

Критеріями гігієнічної оцінки рівнів магнітного поля були «Тимчасові гранично допустимі рівні магнітного поля, що створюються підземними кабельними лініями (КЛ) електропередачі змінного струму промислової частоти» [3].

Для вивчення просторового розподілу магнітного поля у навколишньому середовищі було використано проекти будівництва підземних кабельних ліній електропередачі, що розташовані в міській забудові м. Києва.

На основі проектних матеріалів виконані розрахункові дослідження з розподілу рівнів магнітного поля. Для конкретизації цих досліджень були використані карти та план – схеми проходження трас КЛ, по території житлової забудови м. Києва.

Результати досліджень та їх обговорення. Матеріали розрахункових досліджень розподілу магнітного поля, які були отримані при розгляді проекту Електропідстанція (ПС) «Олімпійська» з прокладанням кабельної лінії 110 кВ від електропідстанції «Московська» до електропідстанції «Олімпійська» показали, що до складу даного проекту входять наступні об'єкти:

- підстанція 110/10 кВ «Олімпійська»;
- кабельна лінія 110 кВ «Московська–Олімпійська» з волоконно-оптичною лінією зв'язку (ВОЛЗ);
- кабельно-трубна каналізація (КТК) для виходів кабельних ліній 10 кВ з ПС 110/10 кВ «Олімпійська».

Методи досліджень. Для визначення рівнів магнітного поля був використаний розрахунковий метод досліджень, [5] принцип якого полягає в використанні наступної формули:

Земельна ділянка під будівництво ПС 110/10 кВ «Олімпійська» розміщена у Печерському районі м. Києва на схилі Черепанової гори. Ділянка межує з внутрішньою автодорогою Національного спортивного комплексу «Олімпійський», з малим запасним тренувальним майданчиком Федерації футболу України а також зі стоянкою автомобілів житлового будинку. Орієнтовно площа ділянки складає 2500 м².

Підстанція являє собою окремо стоячу залізобетонну будівлю прямокутної форми. Розміри в плані – 37×18 м. Будівля має два поверхи над поверхнею землі та один підвальний поверх (рис. 1).

На першому поверсі розміщені:

- два силових трансформатори напругою 110/10 кВ, потужністю 63 МВА кожний;
- розподільчі пристрої 10 кВ (ЗРУ – 10 кВ);
- два трансформатори для власних потреб (ТВП) з литою ізоляцією та з напругою 10/0,4 кВ, потужністю 400 кВА кожний.

На другому поверсі будівлі розміщені:

- комплексні розподільчі пристрої 110 кВ з елегазовою ізоляцією (КРПЕ 110 кВ);
- пристрої релейного захисту;
- службові та інші приміщення.

КРПЕ 110 кВ це комплексний розподільчий пристрій модульного типу. Кожний модуль представляє собою заповнений елегазом електричний пристрій, за допомогою якого вимикається /змикається електричний струм від трансформаторів, а також і в місцях відгалуження електричної мережі, для приєднання КЛ до повітряної лінії. В підвальному поверсі розміщені кабельні системи.

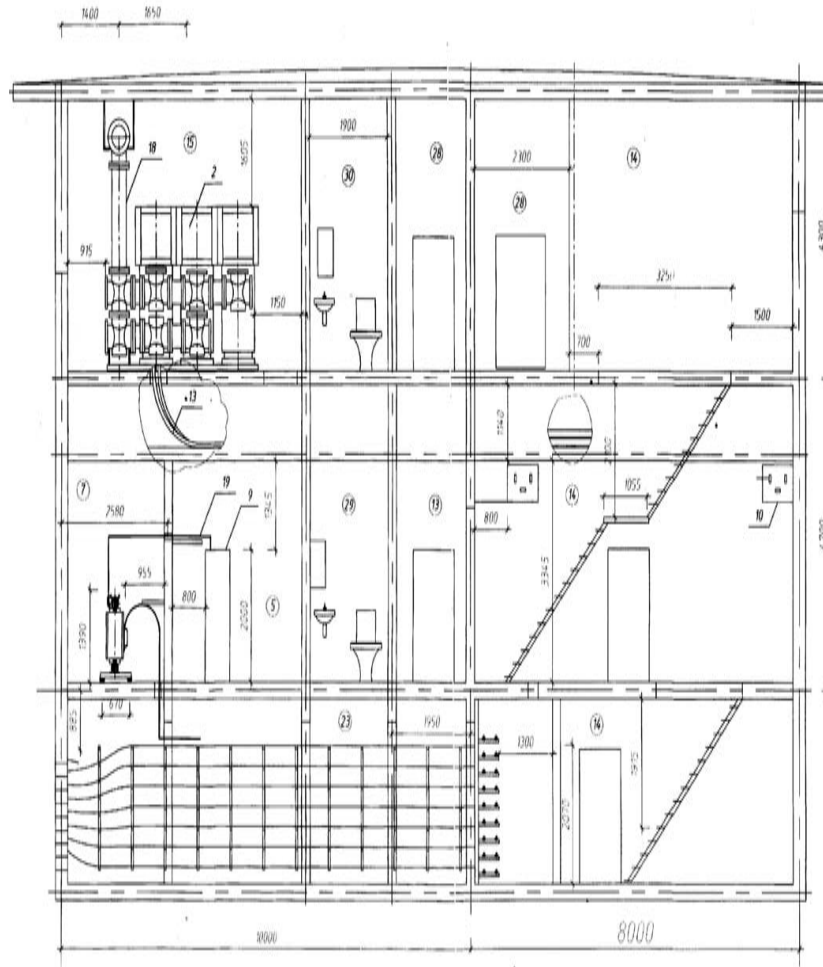


Рисунок 1. План-схема будівлі електростанції 110 кВ «Олімпійська» у м. Києві.

Всі перелічені складові елементи підстанції «Олімпійська» є джерелами електричного і магнітного поля промислової частоти, під впливом якого знаходиться персонал підстанції. На робочих місцях персоналу ПС цей фактор не перевищує гранично допустимі значення для електроенергетичних підприємств. Водночас з цим слід звернути увагу на те, що будівля підстанції «Олімпійська» намічено побудувати з монолітного залізобетону, який є високоякісним екраном для електричного поля. В зв'язку з цим, як показали результати розрахунків, рівень даного чинника за межами зовнішніх стін ПС буде майже відсутнім, або в десятки разів меншим за гранично допустимий 1 кВ/м для житлової забудови. Таким чином, ПС 110/10 кВ «Олімпійська» з точки зору впливу електричного поля є безпечною спорудою для оточуючого середовища і здоров'я населення, що мешкає на території прилеглої до ПС «Олімпійська».

Траса кабельної лінії 110 кВ та волоконно-оптична лінія зв'язку проходить по густонаселеним вулицям Голосіївського та Печерського районів м. Києва (рис. 2). Вона переважно прокладається під асфальтованими автодорогами, не перетинає ділянки житлового призначення.

Кабельна лінія 110 кВ в залежності від місця її проходження прокладається в залізобетонних лотках з залізобетонним перекриттям на глибині 1,5 м під землею, кабелі розміщуються у вигляді трикутника.

Результати розрахунку показали, що максимальні рівні магнітного поля від кабельної лінії 110 кВ на висоті 0,5 м від поверхні землі становлять:

- в нормальному режимі роботи обох КЛ 110 кВ при максимальному завантаженні – 5,385 мкТл (рис. 3);
- в після аварійному режимі роботи відключення однієї з КЛ 110 кВ – 3,141 мкТл (рис. 4).

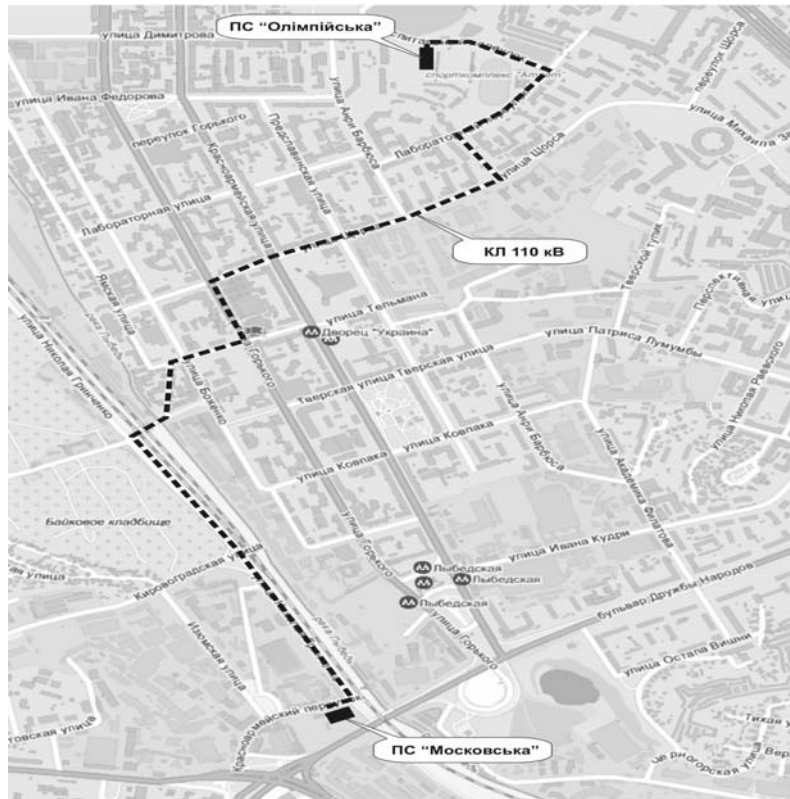


Рисунок 2. Схема траси кабельної лінії 110 кВ від електростанції «Московська» до електростанції «Олімпійська» у м. Києві.

Таким чином розрахункові значення рівнів магнітного поля повністю відповідають вимогам санітарних норм і правил, згідно яких гранично допустимий рівень магнітного поля промислової частоти на висоті 0,5 м від поверхні землі на території житлової

забудови не повинен перевищувати – 10 мкТл. При горизонтальному віддаленні від КЛ 110 кВ рівень магнітного поля різко знижується і на відстані 5 м від КЛ 110 кВ становить порядку 0,5-1,0 мкТл (рис. 3; 4).

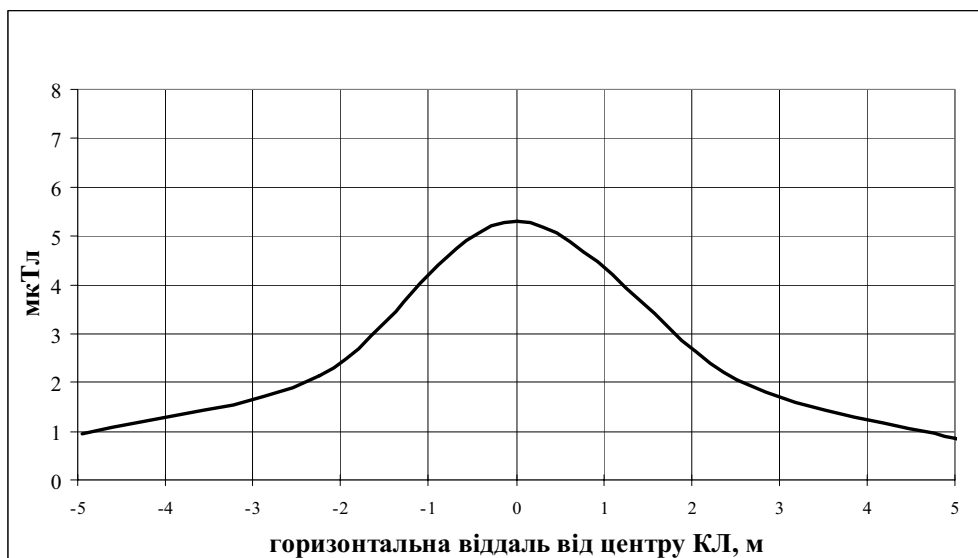


Рисунок 3. Розподіл діючого значення магнітного поля КЛ 110 кВ на висоті 0,5 м від поверхні землі в нормальному режимі роботи обох КЛ 110 кВ.

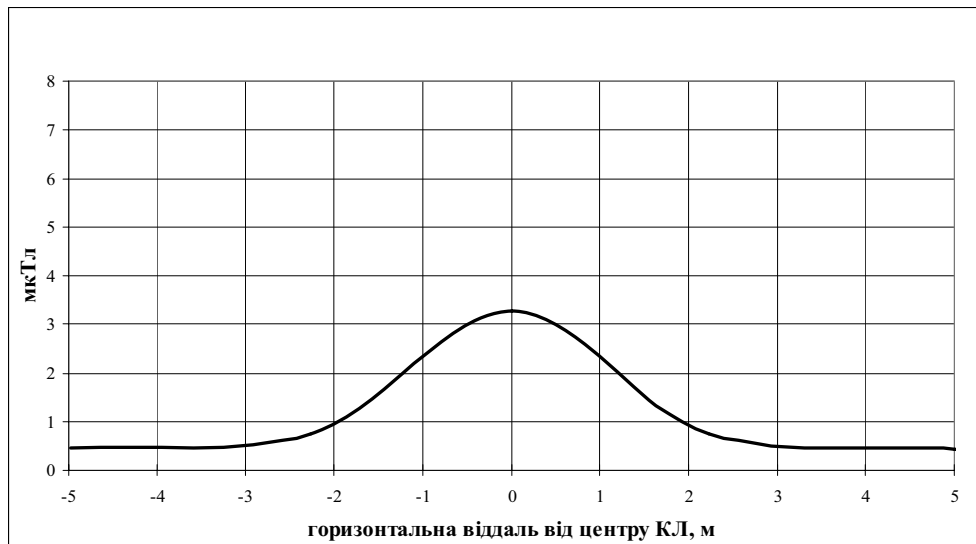


Рисунок 4. Розподіл діючого значення магнітного поля КЛ 110 кВ на висоті 0,5 м від поверхні землі в післяаварійному режимі роботи відключення однієї КЛ 110 кВ.

Матеріали розрахункових досліджень розподілу рівнів електромагнітного поля, які були отримані при розгляді проекту Електростанція ПС-110/10 кВ «Університетська» з КПЛ-110 кВ «Теремки–Університетська» показали, що ділянка під будівництво ПС-110/10/10 кВ «Університетська» розміщується в Голосіївському районі м. Києва по вул. Ломоносова і межує з житловою, громадською і іншою забудовою.

У зв'язку з розміщенням підстанції «Університетська» у щільній міській забудові в основу компоновки самої підстанції і генерального плану закладено принцип блокування всіх підстанційних споруд. Для забезпечення цього запроєктована 3-х поверхова будівля з цокольным технічним поверхом, габаритні розміри якої в плані складають 21 м × 36 м. Несучі конструкції будівлі запроєктовані з керамічної енергопоглинаючої цегли товщиною 510 мм, 380 мм, які є достатніми, щоб екранувати електричне поле, яке створюється при експлуатації електроустановок ПС «Університетська».

На першому поверсі ПС розміщено електропристрої, в тому числі трансформатори та розподільчі установки. На другому поверсі розташовані: апаратна зв'язку, виробничі приміщення, акумулятори. На третьому поверсі розміщені службові та виробничі приміщення.

Майже все обладнання підстанції, що знаходиться в зазначеній 3-х поверховій бу-

дівлі є джерелами електричного та магнітного поля промислової частоти під впливом яких знаходиться особистий склад підстанції «Університетська». Рівень цих факторів регламентується санітарними нормами для виробничих умов праці. Проектом будівництва передбачено організований вивід кабелів 10 кВ за територію підстанції. Для цього будуть споруджені кабельні канали в межах території підстанції та кабельна каналізація за межами її території.

Траса КЛ-110 кВ намічено прокласти переважно в кабельній траншеї, а при перехресті з автодорогами з інтенсивним рухом транспорту в азбестоцементних трубах, які розміщені в сталевих футлярах, що закладаються в ґрунті на глибині 1,5 м. Розташування кабелів 110 кВ прийнято трикутником, відстань між кабелями різних ланцюгів прийнято 1 м.

Кабельна лінія – 110 кВ, як вже згадувалось в попередньому проекті, є джерелом магнітного поля промислової частоти. Оскільки вона за своїми електротехнічними параметрами, способом прокладання кабелів під землею схожа з КЛ, що розглядалася у попередньому проекті вважали за можливе не проводити додаткових розрахунків очікуваних рівнів магнітного та електричного поля і використати дані, що наведені на рис. 3 та рис. 4. Матеріали цих розрахунків показали, що КЛ-110 кВ, траса якої прокладено від ПС «Теремки» до ПС Університетська по

вулицям Академіка Глушкова, В. Касяна, Ломоносова не буде впливати на стан навколишнього середовища та здоров'я населення, так як рівень електричного поля безпосередньо над КЛ буде в десятки разів меншим за нормативний – 1 кВ/м, а магнітного поля буде складати 5,3 мТл при нормативному – 10 мкТл для житлової забудови. В зв'язку з цим для розглянутої КЛ при наявності охоронної зони, яка становить 1 м з кожної сторони КЛ, санітарно-захисна зона буде вписуватися в розміри охоронної зони, тобто межі її не будуть перевищувати 1 м з кожної сторони КЛ.

Розгляд проектної документації електростанції – ПС 110/10 кВ «Європейська» з кабельною лінією КЛ-110 кВ показав, що вона розміщується на Петровській алеї у Печерському районі м. Києва. Рельєф місцевості, на якій намічено будівництво підстанції складний, у зв'язку з чим прийняті відповідні рішення з інженерної підготовки території, також здійснено всебічний аналіз впливу об'єкта на навколишнє середовище з урахуванням того, що підстанція будується в історичній частині м. Києва.

ПС 110/10 кВ «Європейська» передбачається закритого заглибленого типу. У плані вона має розміри – 39,66 × 20,60 м. Для розміщення технологічного обладнання проектом передбачено триповерхова будівля. На першому поверсі розташовані: камера трансформатора Т1, приміщення комплексного розподільчого пристрою елегазового типу, камера трансформатора Т2, приміщення дугогасних реакторів. На другому поверсі розташовані вентиляційні камери. На третьому поверсі розташовані: службові приміщення та приміщення зв'язку. Все зазначене обладнання є джерелом електричного та магнітного поля, яке за межі будівлі практично

не виходить, в зв'язку з тим, що зовнішні стіни і покриття будівлі виконані з монолітних залізобетонних конструкцій, які є якісним екраном для затримання проходження електричного і частково магнітного поля.

Для утримання схилу гори, на якій будується підстанція «Європейська» встановлюються три підпорні стіни, загальною довжиною 150 м. На покрівлі підстанції і поряд з нею намічається влаштувати оглядову площадку з видом на р. Дніпро.

Живлення ПС 110/10 кВ «Європейська» здійснюється від заново створюваного транзиту «ТЕЦ-5–СТ-2–ТЕЦ-6» для чого в РУ 110 кВ ТЕЦ-5 передбачено встановлення двох лінійних панелей 110 кВ і прокладання двох кабелів до ПС «Європейська».

На ПС «Європейська» встановлюються два трансформатори 110/10 кВ з масляним охолодженням, потужністю 40 МВт кожний.

Траса кабельної лінії – 110 кВ «ТЕЦ-5–Європейська» проходить у межах Голосіївського та Печерського районів м. Києва, довжина її становить 8,3 км, кабелі прокладені у траншеї трикутником на глибини 1,5 м під землею. Для прокладки траси КЛ використані кабелі з ізоляцією із шитого поліетилену, одножильні, перерізом 500 мм². Захист кабелю від механічних пошкоджень забезпечується прокладанням його в залізобетонних лотках, закритих зверху залізобетонними плитами.

Результати розрахункових досліджень показали, що обладнання ПС-110/10 кВ «Європейська» та кабельна лінія 110 кВ не перевищує гігієнічні нормативи для населення, а саме по електричному полю – 1 кВ/м, а по магнітному полю 10 мкТл. Отже дана підстанція та кабельна лінія 110 кВ не представляє загрози для здоров'я населення.

Висновки

На основі результатів розгляду проектних матеріалів, розрахункових та інструментальних досліджень визначено наступне.

1. Встановлено, що ряд електроенергетичних об'єктів намічено розмістити в житловій, громадській, господарській та іншій забудові м. Києва. Вирішення санітарно-гігієнічних питань, щодо захисту населення від впливу електричного та магнітного поля змінного струму промислової частоти в проектних матеріалах проводилось на основі наступних нормативно-методичних документів: ДСНіП №239-96 «Державні санітарні норми і правила захисту населення від впливу електромагнітних випромінювань»; «Проектування. Склад і зміст матеріалів впливів на навколишнє середовище (ОВНС) при проектуванні і будівництві підпри-

емств, будинків і споруд та інші нормативні документи; Тимчасові гранично допустимі рівні магнітного поля, що створюється підземними кабельними лініями (КЛ) змінного струму промислової частоти; Методика «Розрахунок електричного і магнітного полів ліній електропередавання», Наказ №512 від 20.10.2008 р., Мінпаливенерго.

2. Встановлено, що основним чинником кабельної лінії 110 кВ є магнітне поле промислової частоти, максимальний рівень якого складає – 5,385 мкТл, по мірі віддалення від КЛ-110 кВ він різко знижується і на віддалі 5 м від КЛ становить близько – 1 мкТл при нормативному 10 мкТл для житлової забудови.

3. Результатами досліджень доведено що вплив на навколишнє середовище електричного поля і магнітної індукції від кабельних ліній електропередачі, в десятки разів менший ніж від повітряних ліній. В зв'язку з цим було б доцільно розробити на перспективу державну програму по заміні в населених місцях існуючих високовольтних (35; 110; 220; 330 кВ) повітряних ліній на підземні кабельні лінії електропередачі. Це дозволить мінімізувати вплив даного фактору на здоров'я населення, суттєво скоротити розміри санітарно-захисних зон вздовж ліній електропередачі, покращити естетичний вигляд міст, підвищити технічну безпечність системи електропередачі.

ЛІТЕРАТУРА

1. Schutz vor elektrischen und magnetischen Feldern der elektrischen Energieversorgung und-anwendung.
2. Гигиенический норматив ГН 2.1.8/2.2.4.2262-07 Предельно допустимые уровни магнитных полей частотой 50 Гц в помещениях жилых, общественных зданий и на селитебных территориях. –Россия. –2007.
3. Державні санітарні норми і правила захисту населення від впливу електромагнітних випромінювань, ДСНіП №239-96. –К, –1996. –28 с.
4. Звіт про науково-дослідну роботу Наукове обґрунтування еколого-гігієнічних вимог до розміщення та експлуатації кабельних ліній електропередачі в умовах сучасних населених місць. –2011.
5. Методика «Розрахунок електричного і магнітного полів лінії електропередавання» /Нормативний документ Мінпалиенерго України, –2008. –34 с.

ГИГИЕНИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ПРОСТРАНСТВЕННОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ УРОВНЕЙ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ПОЛЯ, СОЗДАВАЕМОГО КАБЕЛЬНЫМИ ЛИНИЯМИ (КЛ) ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧИ И ЕЁ ОБОРУДОВАНИЕМ

(по материалам рассмотрения проектов строительства КЛ)

Думанский В.Ю., Томашевская Л.А., Медведев С.В., Биткин С.В., Безверхая А.П.

В последние годы всё чаще возникает вопрос о замене в крупных населённых пунктах воздушных линий (ВЛ) электропередачи с напряжением от 10 до 330 кВ на кабельные подземные линии такого же напряжения. В то же время было сделано предположение, что кабельные линии и их оборудование (трансформаторные подстанции, распределительные устройства и ряд другого оборудования) могут стать источником электрического и магнитного поля промышленной частоты (50 Гц), которые могут оказать вредное влияние на здоровье населения. В связи с этим было решено выполнить теоретические исследования по установлению оптимальных уровней электромагнитного поля в жилой застройке.

При выполнении этих исследований была использована методика, разработанная Министерством топлива и энергетики Украины.

Критериями гигиенической оценки уровней электрического поля были действующие в Украине предельно допустимые уровни (1 кВ/м – для жилой застройки) и временные предельно допустимые уровни магнитного поля (10 мкТл – для жилой застройки).

Исследования проведены на основе рассмотрения проектных материалов строительства кабельных линий и их оборудования в г. Киеве.

Материалы расчётных исследований показали, что КЛ 110/10 кВ и их оборудование (электроподстанции, распределительные устройства) намечено разместить на плотно застроенной территории г. Киева, где проживают десятки тысяч людей разных возрастных групп. Установлено, что уровень электрического поля на этих территориях не будет превышать 100 В/м при нормативном 1000 В/м. Максимальный уровень магнитного поля от КЛ 110 кВ будет составлять 5,385 мкТл, по мере удаления от КЛ он будет резко снижаться и на расстоянии 5 м от КЛ будет составлять 1 мкТл, при нормативном значении – 10 мкТл для жилой застройки. Результатами исследований доказано, что уровень влияния на окружающую среду и здоровье населения электрического и магнитного поля, создаваемого КЛ, в десятки раз меньше, чем от воздушных линий электропередачи. Следовательно КЛ являются менее опасными для здоровья, чем воздушные линии электропередачи.

**HYGIENIC ASSESSMENT OF THE SPATIAL DISTRIBUTION
OF THE ELECTROMAGNETIC FIELD GENERATED
BY CABLE LINES (CL) AND ITS POWER EQUIPMENT
(based on consideration of projects for the construction of KL)**

V. Dumansky, L. Tomashevskaya, S. Medvedev, S. Bitkin, A. Bezverkha

In recent years, more and more question of replacing in large settlements of overhead lines (VL) power from 10 V up to 330 kV on underground cable lines of the same voltage. At the same time, it was assumed that the cable lines and equipment (transformer substations, switchgear, and a number of other equipment) can be a source of electric and magnetic fields of industrial frequency (50 Hz), which could have a harmful effect on health. In this regard, it was decided to carry out theoretical studies to establish optimal levels of electromagnetic fields in residential areas. In carrying out these studies used the method developed by the Ministry of Fuel and Energy of Ukraine.

The criteria for hygienic assessment of the electric field levels were operating in Ukraine permitted levels (1 kV/m – for residential development) and time limit values of the magnetic field (10 mT – for residential development).

Investigations were carried out on the basis of consideration of the project materials of construction of cable lines and equipment in Kiev.

Materials computational research showed that CL 110/10 kV and equipment (electrical substations, distribution) is scheduled to be placed on built-up area of Kiev, where there are tens of thousands of people of different age groups. The level of the electric field in these areas will not exceed 100 V/m in the normative 1000 V/m. The maximum level of the magnetic field of 110 kV cable will be 5.385 mT, the distance from the CL it will decline sharply and at a distance of 5 m from the TC will be 1 mT, the standard value – 10 mT for residential development. Research results demonstrate that the impact on the environment and human health of the electric and magnetic field generated by the TC, ten times less than from overhead power lines. Therefore CL are less dangerous to health than overhead lines.

**ЕЛЕКТРОМАГНІТНИЙ ФОН БАЗОВИХ СТАНЦІЙ СИСТЕМ
РУХОМОГО ЗВ'ЯЗКУ І НАПРЯМКИ ЙОГО ЗНИЖЕННЯ**

Галак С.С., Павлик В.М., Безверха А.П.

ДУ «Інститут гігієни та медичної екології ім. О.М. Марзєєва НАМН України», м. Київ

Вступ. Характерною рисою сучасного суспільства є широке використання електромагнітних хвиль для забезпечення своєї життєдіяльності. Розвиток телекомунікаційних