

**ЖИТОМИРСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ
АГРОЕКОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**

**Войцицький А. П., Муляр О. Д.,
Кравець Л. Г., Нездвецька І. В.**

ІНЖЕНЕРНА ЕКОЛОГІЯ

Навчальний посібник

**ЖИТОМИР
2014**

УДК 504.3.054 : 504.064.4

ББК 28.081 : 51.21

I 40

Рекомендовано Вченою радою Житомирського національного агроекологічного університету (протокол № 2 від 23 жовтня 2013 р.)

Рецензенти:

Грабар І. Г. – д.т.н., професор Житомирського національного агроекологічного університету;

Данилко В. К. – д.е.н., професор Житомирського державного технологічного університету;

Ищенко В. І. – к.т.н., професор кафедри автоматизованих систем управління Житомирського військового інституту ім. С. П. Корольова Державного університету телекомунікацій.

I 40 Інженерна екологія: навч. посібник / А. П. Войцицький, О. Д. Муляр, Л. Г. Кравець, І. В. Нездвецька. – Житомир: Житомирський національний агроекологічний університет, 2014. – 488 с.

Навчальний посібник містить інформацію про головні чинники і характеристики антропогенного впливу на довкілля. Розглянуті основні технологічні процеси і виробництва, що створюють загрозу довкіллю та екологічній безпеці України.

Велика увага надана методам і засобам інженерному захисту довкілля.

© Войцицький А. П., 2014

© Муляр О. Д., 2014

© Кравець Л. Г., 2014

© Нездвецька І. В., 2014

© ЖНАЕУ, 2014

ПЕРЕДМОВА

*Земля ... не вічний і єдиний
притулок людства, а всього лише
його колиска, відправна точка
нескінченної пригоди.*

Айзек Азімов

В останні роки у зв'язку з різким погіршенням стану навколишнього природного середовища екологічні проблеми співставляються з важливими соціальними, політичними та економічними. Для їх розв'язання необхідно вибрати таку стратегію і тактику природокористування, за якої людина у своїй господарській діяльності буде всесторонньо враховувати закони розвитку природи.

Наразі передові наукові школи об'єднуються навколо ідеї «сталого розвитку», що передбачає такий цивілізований розвиток, який не руйнує своєї природної основи, гарантуючи людству можливість виживання.

Одним з напрямків екологічних знань є інженерний підхід до дослідження та захисту навколишнього природного середовища. Однак коли мова йде про інженерно-екологічні проблеми, зокрема, забруднення повітря, води, ґрунту, рідше – про фізичні забруднення (шумове, вібраційне та електромагнітне) середовища, деякі питання взагалі залишаються поза сферою уваги. Особливу значимість має комплексний підхід до проблеми інженерно-екологічного забезпечення виробничих підприємств на основі єдиної методології, з урахуванням останніх досягнень в різних галузях знань (охорона навколишнього середовища, промислова безпека, інженерний захист навколишнього середовища тощо).

Тому в системі знань слід виділити інженерну екологію, як комплексну науково-технічну дисципліну, об'єктом якої переважно є системи, що утворилися та тривалий час функціонують в результаті взаємодії конкретного виду суспільного виробництва з довкіллям. Теоретичні та методичні положення інженерно-екологічних досліджень та їх реалізація мають бути однаковими для всіх видів громадського

виробництва, що знаходяться у постійній взаємодії з природним середовищем. Найбільш характерними і інформативними системами, що утворені в процесі промислового виробництва, і водночас є об'єктами дослідження в інженерній екології, являються природно-промислові комплекси.

Знання основ інженерної екології для сучасного інженера сільськогосподарського виробництва важливе не менше, ніж знання інженерних дисциплін, адже воно дозволяє не лише узгодити функціонування природних і технічних систем у загальному комплексі, а значно підвищити ефективність їх взаємодій, при цьому, не впливаючи на стан природного середовища.

Запропонований навчальний посібник побудований на модульній основі і містить матеріал відповідно до типової програми, затвердженої Департаментом науково-освітнього забезпечення АПВ та розвитку сільських територій Міністерства аграрної політики та продовольства України у 2013 році.

В окремих розділах використана інформація з навчальних посібників та підручників відомих вчених в галузі екології та захисту довкілля. Це такі автори: О. І. Фурдичко, В. П. Славов, А. К. Запольський, С. О. Апостолук, В. С. Джигирей, Л. П. Клименко.

Автори висловлюють глибоку вдячність рецензентам навчального посібника професорам І. Г. Грабару, В. К. Данилку та В. І. Іщенку.

ФІЗИЧНЕ ЗАБРУДНЕННЯ ДОВКІЛЛЯ. МЕТОДИ ЗМЕНШЕННЯ ЙОГО ВПЛИВУ НА ДОВКІЛЛЯ



Фізичне (енергетичне) забруднення довкілля головним чином поділяється на шумове, вібраційне, електромагнітне, радіоактивне та радіаційне, теплове.

Розділ 1. ШУМОВЕ ЗАБРУДНЕННЯ. ЗАХОДИ ТА ЗАСОБИ ЗМЕНШЕННЯ ШУМОВОГО НАВАНТАЖЕННЯ НА ДОВКІЛЛЯ

Розділ 2. ВІБРАЦІЙНЕ ЗАБРУДНЕННЯ. ЗАХОДИ ТА ЗАСОБИ ЗМЕНШЕННЯ

Розділ 3. ЕЛЕКТРОМАГНІТНЕ ЗАБРУДНЕННЯ. ЗАХОДИ ТА ЗАСОБИ ЗМЕНШЕННЯ

Розділ 4. ЗАБРУДНЕННЯ ЕЛЕКТРОМАГНІТНИМ ВИПРОМІНЮВАННЯМ ОПТИЧНОГО ДІАПАЗОНУ. ЗАХОДИ ТА ЗАСОБИ ЗМЕНШЕННЯ ВПЛИВУ НА БІОЛОГІЧНІ ОБ'ЄКТИ

Розділ 5. РАДІАЦІЙНЕ ЗАБРУДНЕННЯ. ЗАХОДИ ТА ЗАСОБИ ЗМЕНШЕННЯ ВПЛИВУ НА БІОЛОГІЧНІ ОБ'ЄКТИ

Розділ 6. ТЕПЛОВЕ ЗАБРУДНЕННЯ. ЗАХИСТ ВІД ТЕПЛОВОГО ЗАБРУДНЕННЯ

Розділ 3

ЕЛЕКТРОМАГНІТНЕ ЗАБРУДНЕННЯ. ЗАХОДИ ТА ЗАСОБИ ЗМЕНШЕННЯ ЕЛЕКТРОМАГНІТНОГО НАВАНТАЖЕННЯ НА ДОВКІЛЛЯ

Електромагнітне поле. Загальні характеристики.
Джерела електромагнітного поля.
Вплив електромагнітного поля на живі організми.
Електромагнітний тероризм.
Передісторія розвитку електромагнітної зброї.
HAARP – зброя масового впливу на довкілля.
ЕМВ-зброя.
Нормування складових електромагнітних полів .
Методи та прилади вимірювання характеристик
електромагнітних полів.
Захист від електромагнітних випромінювань
радіочастотного діапазону.
Організаційні заходи.
Лікувально-профілактичні заходи.
Технічні засоби захисту.

У процесі еволюції біосфера постійно знаходилася і знаходиться під впливом електромагнітного поля (ЕМП) природного походження (природний фон): електричного й магнітного поля Землі, космічного електромагнітного випромінювання, насамперед того, що генерується Сонцем.

У період науково-технічного прогресу людство створювало і дедалі ширше використовувало штучні (антропогенні) джерела ЕМП. У наш час ЕМП антропогенного походження значно перевищують природний фон і є тим несприятливим чинником, вплив якого на людину та довкілля рік за роком зростає.

3.1. Електромагнітне поле. Загальні характеристики

Природа електромагнітного випромінювання пов'язана з вихровими електричними й магнітними полями. Внаслідок того,

що ці поля нероздільно пов'язані між собою, вони отримали назву *електромагнітних*.

Електричне поле – часткова форма виявлення (нарівні з магнітним полем) електромагнітного поля, яка визначає дію на електричний заряд (з боку поля) сили, що не залежить від швидкості руху заряду.

Основною кількісною характеристикою електричного поля є *напруженість електричного поля* \vec{E} . Напруженість електричного поля у системі СІ вимірюється в $V \cdot m^{-1}$.

В тропосфері відбуваються явища, що викликають поділ електричних зарядів внаслідок зміни метеорологічних умов – хмар, опадів, туманів тощо. Внаслідок чого в атмосфері виникає позитивний об'ємний заряд, на поверхні Землі – негативний. Отже, електричне поле Землі спрямоване приблизно вертикально – напруженість його становить в середнь-ому $130 V \cdot m^{-1}$.

Магнітне поле характеризує його дію на заряджену частинку, що рухається з силою, пропорційною заряду та її швидкості. Дію магнітного поля на рухомий заряд характеризують магнітною індукцією B . Магнітне поле характеризується також вектором напруженості магнітного поля \vec{H} , який пов'язаний з вектором магнітної індукції:

$$\vec{B} = \mu \cdot \mu_0 \cdot \vec{H}, \quad (3.1)$$

де μ магнітна проникність речовини, що характеризує зміну магнітної індукції середовища під впливом магнітного поля;

μ_0 – магнітна стала ($\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \text{ Гн} \cdot \text{м}^{-1}$).

Для повітря, вакууму та немагнітних матеріалів $\mu = 1$. Одиницею магнітної індукції є одна тесла (Тл). $1 \text{ Тл} = \text{А}^{-1} \cdot \text{с}^2 = 10000 \text{ Гс}$. Одиницею напруженості магнітного поля є один ерстед (Е). $1 \text{ Е} = 79,5775 \text{ А} \cdot \text{м}^{-1}$. Середня величина магнітної індукції поблизу земної поверхні становить $\approx 5 \cdot 10^5 \text{ Тл}$, а напруженість магнітного поля складає від магнітних полюсів ($55,7 \text{ А} \cdot \text{м}^{-1}$) до магнітного екватора ($33,4 \text{ А} \cdot \text{м}^{-1}$).

3.2. Джерела електромагнітного поля

Простір, що оточує людину, заповнений різними електромагнітними полями, джерела яких, залежно від їх походження, можна розділити на дві групи: природні та штучні.

До природних джерел належать; електромагнітне поле Землі, яке в тому числі включає гепатогенні зони; космічні джерела радіохвиль (сонячні спалахи, магнітні бурі, випромінювання зірок тощо); процеси, які відбуваються в атмосфері Землі (блискавки, зміни в іоносфері).

Головні штучні джерела електромагнітних полів:

- радіо-, телевізійні станції;
- радіолокаційні станції, або радары (рис. 3.1);
- високовольтні лінії електропередач;
- всі види електротранспорту;
- промисловість, яка використовує потужне електрообладнання;
- телевізори, монітори, мобільні телефони тощо.



Рис. 3.1. Військовий радар

А також пристрої, що безпосередньо не призначені для випромінювання електромагнітної енергії в простір (лінії електропередач і трансформаторні підстанції, побутова і промислова техніка, оргтехніка тощо). Таким чином, спектр частот електромагнітних полів, що оточують людину, охоплює діапазон від 50 Гц і менше до $3 \cdot 10^{26}$ Гц.

Донедавна небезпечними джерелами промислових ЕМП вважалися в основному випромінювачі радіочастотного діапазону ($3 \cdot 10^4$ - $3 \cdot 10^{11}$ Гц). Серед них називалися потужні установки високочастотного нагрівання, що застосовуються для плавки і кування металів, термічної обробки металів, діелектриків і напівпровідників.

Енергію ЕМП використовують також для вирощування напівпровідникових кристалів і плівок, іонізації газів, одержання плазми, при зварюванні в інертних газах, зварюванні та пресуванні синтетичних матеріалів та ін. Як правило, за цих процесів виникають поля, що в сотні разів перевищують середнє природнє поле Землі. Випромінювання надвисоких частот ($3 \cdot 10^4$ – $3 \cdot 10^{11}$ Гц) утворюють і побутові прилади: НВЧ-печі, телевізори, монітори, стільникові телефони тощо.

3.3. Вплив електромагнітного поля на живі організми

Електрична енергія – найвагомiше відкриття людства, без якого цивілізації в її сьогоднішньому вигляді не існувало б. Цей вид енергії широко використовується людством. Електромагнітне поле (електромагнітне випромінювання) завжди виникає при русі вільних електронів в провіднику, тому передача електричної енергії супроводжується інтенсивним електромагнітним випромінюванням.

В певних випадках електромагнітне випромінювання має більш пагубний вплив на живий організм, ніж радіаційне випромінювання. Справа у тому, що радіаційний фон був на нашій планеті завжди і в певні часи (а місцями і зараз) його рівень був вище ніж в Чорнобильській зоні відчуження.

Рівень же електромагнітного поля землі з кожним роком тільки зростає, що пов'язано з людською діяльністю. На території СНД загальна протяжність тільки ЛЕП-500 кВ перевищує 20000 км (окрім ЛЕП-150, ЛЕП-300, ЛЕП-750). Лінії електропередач і деякі інші енергетичні установки створюють електромагнітні поля промислових частот (50 Гц) в сотні раз вище середнього рівня природних полів. Напруженість поля під ЛЕП може сягати десятків тисяч В/м. Найбільша напруженість поля спостерігається в місцях максимального провисання дротів, в точці проєкції крайніх дротів на землю и в п'яти

метрах от неї зовні від повздовжньої вісі траси: наприклад, для ЛЕП-330 кВ – від 3,5 до 5 кВ/м, для ЛЕП-500 кВ – від 7,6 до 8 кВ/м, для ЛЕП-750 кВ – від 10 до 15 кВ/м.

Негативний вплив електромагнітних полів на людину і на ті або інші компоненти екосистем прямо пропорційний потужності поля і часу опромінення. Несприятливий вплив електромагнітного поля, що створюється ЛЕП, виявляється вже при напруженості поля, що дорівнює 1 кВ/м. У людини порушується робота ендокринної системи, обмінні процеси, функції головного і спинного мозку тощо.

Нині, по даним екологів і лікарів-гігієністів відомо, що всі діапазони електромагнітного випромінювання впливають на здоров'я і працеспроможність людей і мають віддалені наслідки. Вплив електромагнітних полів на людину в силу їх значної розповсюдженості більш небезпечний, ніж радіація.

Електричні поля промислової частоти оточують людину цілодобово, завдяки випромінюванню від електропроводки, освітлювальних приладів, побутових електроприладів, ліній електропередач тощо.

Енергетичне навантаження від електромагнітних випромінювань в промисловості і побуті зростає постійно в зв'язку зі стрімким розширенням мережі джерел фізичних полів електромагнітної природи, а також зі збільшенням їх потужностей. Людина нездатна фізично відчувати електромагнітне поле що його оточує, проте воно викликає зменшення її адаптивних резервів, зниження імунітету, працеспроможності, під його впливом у людини розвивається синдром хронічної втоми, збільшується ризик захворювань. Особливо небезпечною є дія електромагнітних випромінювань на дітей, підлітків, вагітних жінок та осіб з послабленим здоров'ям.

Механізм дії електромагнітного випромінювання на живі організми то сих пір остаточно не розшифрований. Існує декілька гіпотез, що пояснюють біологічну дію електромагнітного поля. В основному вони зводяться безпосередньому впливу поля на клітковому рівні, в першу чергу з його впливом на мембранні структури. Вважається, що під дією електромагнітного поля може змінюватися швидкість

дифузії через біологічні мембрани, орієнтація і конфірмація біологічних макромолекул, крім того, стан електронної структури вільних радикалів. Вочевидь, механізми біологічної дії електромагнітного поля мають, в основному, неспецифічний характер і пов'язані зі зміною активності регуляторних систем організму.

Змінне електричне поле викликає нагрівання тканин живих організмів як за рахунок змінної поляризації діелектрика (суглобів, хрящів, кісток), так і за рахунок виникнення струмів провідності. Тепловий ефект є наслідком поглинання енергії електромагнітного поля. Чим більше напруженість поля і час впливу, тим сильніше виражені вказані ефекти. До величини в 10 мВт/м, умовно прийнятій за тепловий поріг, надлишкове тепло відводиться за рахунок механізму терморегуляції. Крім того, чутливість органів до перегрівання визначається їх будовою. Найбільш чутливими до перегрівання є органи зору, мозок, нирки, жовчний і сечовий міхур.

Перші експериментальні дослідження по впливу електромагнітного поля на нервову систему були проведені в СРСР. В монографіях професора Ю. А. Холодова опубліковані результати його багаторічних досліджень по проблемі впливу електромагнітних і магнітних полів на центральну нервову систему. Було встановлено наявність прямої дії електромагнітного поля на мозок, мембрани нейронів, пам'ять, умовно-рефлекторну діяльність.

В модельних експериментах показана можливість впливу слабких електромагнітних полів на процеси синтезу в нервових клітинах. Отримані чіткі зміни імпульсації коркових нейронів, що приводять до порушення інформації що передається в більш складні структури мозку. Р. І. Крутиковим виявлено, що при впливі електромагнітного поля в надвисокочастотному діапазоні може розвинути порушення короточасної пам'яті.

Наразі накопичено достатньо даних, що вказують на те, що при впливі електромагнітного поля порушуються процеси імуногенезу. Встановлено, що під впливом електромагнітного поля змінюється характер інфекційного процесу, виникають порушення білкового обміну, спостерігається зниження вмісту альбумінів і підвищення гамма-глобулінів в крові. Крім того,

електромагнітне поле може виступати в якості алергену або пускового фактора, викликаючи важкі реакції у хворих алергіків при впливі такого поля. Під впливом електромагнітного випромінювання знижуються репродуктивні функції живих організмів, виникають вроджені вади у новонароджених дітей і порушення лактації у жінок, що годують немовлят.

Електромагнітні поля антропогенного походження також не залишають без уваги екосистеми довкілля. Зокрема, спеціальні дослідження показали, що навколо ЛЕП надвисокої та ультрависокої напруги (750–1150 кВ) утворюються потужні електромагнітні поля, які негативно впливають на людину, порушують природну міграцію тварин, процеси росту рослин тощо.

Підготовка трас для ЛЕП, вирубування просік, встановлення опор, монтаж ліній та іншого експлуатаційного обладнання і подальша експлуатація ЛЕП зумовлюють відповідну реакцію з боку екосистеми. Вирубування лісу призводить до значної перебудови всього комплексу кліматичних факторів: на просіках збільшується швидкість вітру, змінюється температура та вологість повітря, влітку різко посилюється інтенсивність випаровування вологи з поверхні ґрунту і трав'яного покриву, що викликає пересихання поверхневих шарів ґрунту, а взимку на просіках накопичується надмірна кількість вологи, що сприяє вегетації рослин навесні. Розморожування та відтаювання ґрунту на просіках відбувається на 7–30 днів раніше, ніж у лісі. Це призводить до виникнення ерозійних процесів.

Утворення просік супроводжується також значними змінами тваринного компонента екосистем: спостерігається зникнення видів, які мешкають у кронах дерев: змінюється видовий склад, чисельність та різноманіття птахів тощо.

Разом із тим у 60-х роках ХХ сторіччя з'явилася перша публікація про симптоми захворювань, що виявлені у працівників високовольтних електричних підстанцій промислової частоти (50 Гц). Установлено, що сильні ЕМП діють при експлуатації відкритих розподільних пристроїв і повітряних ліній електропередач напругою понад 330 кВ (500,

750, 1150 кВ), тому, згідно із санітарними нормами, такі лінії не повинні проходити по території населених пунктів.

Нині вчені заговорили вже і про шкідливу дію звичайних побутових електропроводок (напругою 220 В) і побутових електроприладів (наприклад, електробрить, електрогрілок й електричних ковдр), які створюють ЕМП, що шкідливо впливає на організм людини. Тому не рекомендується спати поблизу розетки, у яку включений холодильник чи інша постійно діюча установка.

3.4. Електромагнітний тероризм

Мабуть, жоден вид зброї наразі не викликає такої кількості дискусій, як зброя електромагнітна. Електромагнітна зброя має величезний потенціал розвитку і потужність, можливо перевершує потужність зброї ядерної.

Відомий вчений (наукові роботи присвячені фізиці потужних ударних хвиль у щільній плазмі і екстремальним станам речовини) академік РАН В. Є. Фортов бачить напрям розвитку електромагнітної зброї у двох головних напрямках.

Перший напрямок пов'язаний з мікроелектронікою. Сучасна людина не мислить свого існування без мобільних пристроїв. Модернізація армії також передбачає оснащення військ суперсучасними мікроелектронними датчиками, системами наведення і засобами стеження. Можна собі уявити, що станеться, якщо за допомогою превентивного електромагнітного імпульсу з ладу буде виведена система наведення ракет сучасного бомбардувальника або відключена система його глобального позиціонування.

Другий напрямок, на думку В. Є. Фортова, полягає у розвитку великих потужностей, які будуть вміщені в дуже обмеженому об'ємі. Жоден з існуючих нині фільтрів не здатний блокувати потужний імпульс, який буде здатний поставити практично нездійсненне завдання перед сучасною енергетикою. Прихильники більш обережних поглядів на електромагнітну зброю говорять про те, що єдина його реальна сила полягає в доданні за допомогою магнітного поля початкової швидкості бойового снаряду. У цьому випадку електромагнітна зброя стає

альтернативою принципам вогнепальної зброї. Одним із прикладів такого роду зброї є так звана гармата Гаусса.

Ця гармата являє собою систему, що складається з ряду котушок індуктивності, джерела живлення, здатного видавати короточасні потужні імпульси, а також з блоку перемикання котушок у послідовному режимі.

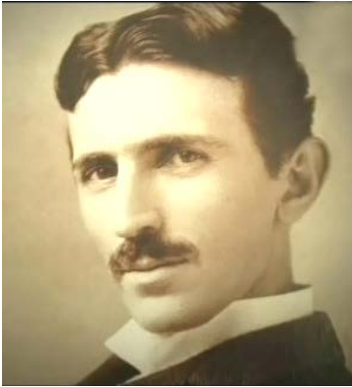
Принцип роботи гармати Гауса ґрунтується на втягуванні сердечника у внутрішній об'єм котушки при проходженні по обмотці постійного струму. Для посилення «убойної» сили гармати Гаусса поверх котушки монтується магнітопровід. Щоб наростання струму в котушці не сповільнювалася, її обмотка повинна бути виконана з дроту досить великого перерізу. Вражаюча дія цього виду електромагнітної зброї залежить від обраної електроємності системи конденсаторів. Безумовно, потужність такої зброї поки не розглядається як конкурент потужності ядерної зброї.

У світі є кілька свідчень застосування електромагнітної зброї. Одне з самих гучних – повітряна атака американських військ на телецентр в Багдаді. ВПС Сполучених Штатів використовували особливу керовану бомбу масою 2,5 тонни, оснащену віркатором (групою СВЧ-приладів з великим об'ємним зарядом). Після її застосування телебачення Іраку не могло віщати близько години. Ці свідчення не поодинокі, але, як видно, в плані спроб використання ЕМО фігурують поки лише Сполучені Штати. Перспективне використання електромагнітної зброї і для придушення активного захисту сучасних танків. Один спрямований імпульс – і сучасна машина перетворюється на незахищену металеву іграшку, яку можна знищувати звичними засобами. При цьому, танк, як і будь-яка інша сучасна військова машина, не просто стає вразливим, а й на короткий час втрачає можливість відповідати ударом на удар.

У зв'язку з цим розвиток електромагнітної зброї можна назвати в числі пріоритетних завдань для сучасних військових вчених. Якщо така технологія повною мірою запрацює в якій-небудь одній країні, то це розхитає баланс військової могутності на планеті. Складно собі уявити, що може статися, якщо технологія створення потужної електромагнітної зброї потрапить в руки представників терористичних організацій.

3.4.1. Передісторія розвитку електромагнітної зброї

Передісторію розвитку електромагнітної зброї можна пов'язати з винайденням Ніколою Теслою пристроєм, який являє собою резонансний трансформатор, що носить його ім'я.



Ніколо Тесла (1856 – 1943 р.) – автор 800 винаходів в галузі електро- і радіотехніки, що засновані на унікальних здібностях передбачення. Він відкрив змінний струм, флуоресцентне світло, бездротову передачу енергії, вперше розробив принципи дистанційного керування, основи лікування струмами високої частоти, побудував перші електричні годинники, двигун на сонячній енергії й багато чого іншого.

Нікола Тесла створив генератор змінного струму, опираючись на принципи обертання магнітних полів Землі, і тим самим надав людству можливість широкого використання електрики.

Цей пристрій включено обмотками в коливальні контури, які працюють в резонансному режимі та служить для утворення високої електричної напруги (десятки кіловольт) високої частоти (зазвичай, 20–100 кГц). Прилад було запатентовано 22 вересня 1896 року, як «Апарат для вироблення електричних струмів високої частоти і потенціалу».

Роботу резонансного трансформатора можна пояснити на прикладі звичайної гойдалки. Якщо її розгойдувати в режимі вимушених коливань, то максимально досягнута амплітуда буде пропорційною до прикладеного зусилля. Якщо ж розгойдувати в режимі вільних, резонансних коливань, то при незначних зусиллях максимальна амплітуда зростає багатократно.

Так і з трансформатором Тесла – в ролі гойдалок виступає вторинний коливальний контур, а в ролі джерела прикладеного зусилля – генератор. Їх узгодженість («підштовхування») строго

у потрібні моменти часу) забезпечує первинний контур або задає генератор (залежно від конструкції).

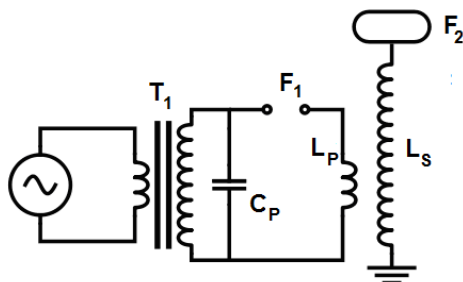


Рис. 3.2. Принципова електрична схема трансформатора Тесли

Найпростіший трансформатор Тесли (рис. 3.3) складається з двох котушок – первинної L_P та вторинної L_S , а також розрядника F_1 (часто зустрічається англійський варіант назви Spark Gap), конденсатора C_P і терміналу F_2 . Подача живлення здійснюється від джерела змінної напруги через низькочастотний трансформатор високої напруги T_1 .

Первинна котушка зазвичай містить декілька витків дроту великого діаметра або мідної трубки, а вторинна близько 1000 витків дроту меншого діаметра. Первинна котушка може бути плоскою (горизонтальною), конічною або циліндричною (вертикальною). На відміну від звичайних трансформаторів, тут немає феромагнітного сердечника. Таким чином, взаємоіндукція між двома котушками є набагато меншою, ніж у трансформаторів з феромагнітним осердям. Первинна котушка разом з конденсатором утворює коливальний контур, в який включено нелінійний елемент – розрядник.

Розрядник, в простому випадку звичайний газовий, виконується у вигляді двох масивних електродів з регульованим зазором.

Вторинна котушка також утворює коливальний контур, де роль конденсатора, головним чином, виконують ємність терміналу і власна міжвиткова ємність самої котушки. Вторинну

обмотку часто покривають шаром епоксидної смоли або лаку для запобігання виникненню електричного пробую.

Трансформатор Тесли працює в імпульсному режимі.

Перша фаза – це зарядження конденсатора до напруги пробую розрядника.

Друга фаза – генерування височастотних коливань у первинному контурі. Розрядник, що включений паралельно, замикаючи джерело живлення (трансформатор), виключає його з контуру, інакше джерело живлення вноситиме певні втрати в первинний контур і цим знижуватиме його добротність. На практиці цей вплив може в рази зменшити довжину розряду, тому у схемі трансформатора Тесли завжди паралельно до джерела живлення ставиться розрядник.

В цілому котушка може спричиняти 4 види розрядів:

Стримери (від англ. Streamer) – тьмяно світяться тонкі розгалужені канали, що містять іонізовані атоми газу й відщеплені від них вільні електрони. Протікає від терміналу (або від найбільш гострих чи суттєво викривлених високовольтних частин) котушки прямо в повітря, не йдучи в землю, так як заряд рівномірно стікає з поверхні розряду через повітря в землю.

Спарк (від англ. Spark) – це іскровий розряд. Йде з терміналу (або з найбільш гострих, викривлених високовольтних частин) безпосередньо в землю або в заземлений предмет. Являє собою пучок яскравих, що швидко зникають або змінюють одна одну ниткоподібних, часто сильно розгалужених смужок – іскрових каналів. Також має місце особливий вид іскрового розряду — ковзний іскровий розряд.

Коронний розряд – світіння іонів повітря в електричному полі високої напруги. Створює гарне блакитнувате світіння навколо високовольтних частин конструкції із великою кривиною поверхні.

Дуговий розряд – утворюється у декількох випадках. Наприклад, при достатній потужності трансформатора, якщо до його терміналу близько піднести заземлений предмет, між ним і терміналом може загорітися дуга (іноді потрібно безпосередньо доторкнутися предметом до терміналу і потім розтягнути дугу, відводячи предмет на більшу відстань).

Коли він випробовував свій винахід, повітря в окрузі наелектризувалося так, що світилися будь-які предмети, що перебували у полі експерименту, і навіть люди випускали блакитнувате сяйво.

Періодично виникали електричні розряди – блискавки. Вони були величезні, їхній заряд досягав кілька мільйонів вольт. Вся ця феєрія викликала здивування й страх у людей, які поки ще не були знайомі з електрикою. У 1899 р. Tesla проводив досліди за допомогою величезної котушки-вежі в Колорадо-Спрінгс (США). Із приводу цього грандіозного видовища газети в той час писали:

«Грім можна було почути за 15 миль. Люди, що йшли вулицями, були вражені, спостерігаючи іскри, що скакають між їхніми ногами й землею, або електричні вогники, що вистрибують з крана, коли хто-небудь відкручував його, щоб напиться води.» Задоволений результатами експериментів, Tesla писав: «Я досяг успіхів у створенні розрядів, потужність яких значно перевершує силу блискавок».

Що стосується відкритих ним «променів», Нікола Tesla пропонував використати їх також для бездротової передачі електроенергії. Однак, за іронією долі, саме ці проекти Tesli лягли в основу післявоєнних розробок променевої зброї в США й Росії.

3.4.2. HAARP – зброя масового впливу на довкілля

HAARP (англ. High Frequency Active Auroral Research Program – програма височастотних активних авроральних досліджень) – науково-дослідний проект США з вивчення полярних сяїв. Проект запущений навесні 1997 року, в Гаконі, штат Аляска. Метою проекту, за словами його творців: “Зрозуміти, моделювати і контролювати процеси в іоносфері, які можуть вплинути на роботу систем зв’язку та електронного спостереження”.

Проект розглядає вплив дій різних електронних пристроїв на динамічні процеси в іоносфері. Проект фігурує в численних теоріях змови, в тому числі стверджують, що HAARP є геофізичною чи кліматичною зброєю.

Неочікувані катастрофічні природні явища і навіть деякі техногенні катастрофи, які спіткали Європу та Азію влітку 2002 року, на думку багатьох учених, свідчать про те, що, можливо, в їх походженні є якісь спільні глобальні причини. Йдеться, насамперед, про можливість несанкціонованого прихованого застосування геофізичної зброї. Це твердження потребує хоча б стислих пояснень. Наприкінці 70-х років США і СРСР уклали угоду, яка забороняла розробки в галузі геофізики для використання у військових цілях. Але де-факто такі розробки здійснювалися або під виглядом наукових досліджень, або для розробки технологій подвійного призначення.

Відомо, що США (але, можливо, не лише вони) вже начебто побудували дослідницькі високочастотні випромінювачі, здатні розігрівати шляхом енергетичної накачки іонів навколишнє земне середовище до стану плазми, якою можна керувати в просторі і яка здатна кардинально впливати на хід процесів в атмосфері, іоносфері та магнітосфері Землі. Такі випромінювачі розташовані в Норвегії (містечко Тромсе) та на Алясці (військова база Гакхона). Після введення третього найпотужнішого випромінювача в Гренландії геофізична зброя буде в змозі накрити своїм впливом усю Євразію від Атлантичного до Тихого океану.

Ця зброя теоретично може запрограмувати повені, тайфуни та смерчі в будь-якому регіоні планети Земля. Або цілковито паралізувати цивільні чи військові електронні системи керування, в тому числі й зв'язок, у масштабах будь-якої країни.

Перші випробування нової американської радіофізичної і геофізичної зброї за програмою HAARP показує його можливості. Нарощуючи свою потужність, система дозволяє блокувати радіозв'язок, виводити з ладу бортову електронну апаратуру ракет, літаків і космічних супутників, викликати масштабні аварії в електричних мережах і на нафто- і газопроводах, негативно впливати на психічний стан і фізичне самопочуття людей та ін. Головні недоліком є те, що таку зброю не можна віднести до високоточної. Разом з тим, використання військовими і спецслужбами складних планетарних особли-

востей будови Землі та її електромагнітних полів дозволяє вийти на зброю масового ураження.

На рис. 3.3. зображено плавучу платформу HAARP «Sea-Based X-Band Radar platform» яка може бути переміщена куди завгодно в Тихому або Атлантичному океані під прикриттям авіаносної групи, такої як АУГ «Ronald Reagan».



Рис. 3.3. Плавуча платформа HAARP «Sea-Based X-Band Radar platform»

Оволодівши секретами кліматичної зброї, США зможуть карати непокірні країни, насилаючи на них руйнівні тайфуни або багатомісячну посуху. Перші три установки з потужністю випромінювання спрямованих радіохвиль близько 1 млрд Вт, вже споруджені на Алясці, в Гренландії та Норвегії. Вони створюють замкнутий контур для масштабного впливу на навколосемну середу, орієнтований, перш за все, на Росію, а також КНР і Євросоюз. Використання вже першої черги «тричоткового» військової системи дозволить: порушувати морську і повітряну навігацію літаків і ракет; припиняти радіозв'язок і радіолокацію; виводити з ладу бортову електронну апаратуру космічних супутників; провокувати виникнення масштабних аварій в електромережах; викликати

тайфуни, бурі, посухи, смерчі і повені і, нарешті, цілеспрямовано впливати на психіку людей. Далі такими установками Пентагон охопить більшу частину планети, що продемонструє міць військової думки США.

У радянські часи в 150 кілометрах від Нижнього Новгороду був обладнаний унікальний комплекс «Сура» міг бути порівняний з «НААРП» за своїми характеристиками, але за Горбачова, а потім і Єльцина ця станція була знищена. Всі розробки радянських вчених у цій галузі в часи Єльцина були вивезені за кордон.

Самі творці системи НААРП визнають, що крім теплових і електромагнітних впливів на атмосферу Землі і її іоносферу з метою управління погодою або ініціювання руйнівних природних катаклізмів, можливе також вплив на мозок і нервову систему людини та зміна її психіки та поведінки.

Цілеспрямований психофізичний вплив може викликати у людини загальмованість реакцій, невпевненість, страх, злість, втрату почуття самозбереження, нездатність контролювати власні вчинки, оцінювати і аналізувати складні життєві ситуації, орієнтуватися в часі і просторі тощо. Все це можна використовувати для локальних та масових впливів.

Психотронна зброя відноситься до «несмертельної» («нелетальної») зброї, яка все більше набуває значення, як для ведення військових операцій, так і для спеціальних операцій по впливу на поведінку малих чи великих груп населення.

Історія науки показує, що багато секретних досліджень і розробок (у тому числі в США), з одного боку, дуже небезпечні для природного середовища Землі, але з іншого – це кардинальний воєнний або спеціальний засіб для вирішення важливих соціальних проблем цивілізаційного переходу до «сталого розвитку» людства.

Існують різні думки про феномен Тунгуського метеорита. В цей день (30 червня 1908 року) Нікола Тесла проводив досвід з передачі енергії «повітрям». За кілька місяців до вибуху Тесла стверджував, що зможе освітити дорогу до північного полюсу експедиції знаменитого мандрівника Р. Пірі. Крім того, існує інформація (у вигляді непідтверджених чуток), що він питав у

бібліотеках карти «найменш заселених частин Сибіру». Тобто, деякий зв'язок між двома цими подіями побачити можна.

Гіпотеза про зв'язок Ніколи Тесли з Тунгуським метеоритом порівняно нова. Її поява датується кінцем ХХ - початком ХХІ століття.

3.4.3. ЕМВ-зброя

Генератори ЕМВ (електромагнітних випромінювань), як показують теоретичні роботи і проведені за кордоном експерименти, можна ефективно використати для виводу з ладу електронної і електротехнічної апаратури, для стирання інформації в банках даних, псування ЕВМ тощо.

Теоретичні дослідження і результати фізичних експериментів показують, що ЕМВ ядерного вибуху може здійснити не тільки вихід з ладу напівпровідникових електронних пристроїв, але і до руйнування металевих провідників кабелів наземних споруд.

Механізм генерації ЕМВ полягає в наступному. Під час ядерного вибуху виникають гамма і рентгенівське випромінювання і утворюється потік нейтронів.

Гамма-випромінювання, взаємодіючи з молекулами атмосферних газів, вибиває з них так звані комптоновські електрони. Якщо вибух здійснюється з висоти понад 20–40 км, то ці електрони захоплюються магнітним полем Землі і, обертаючись відносно силових ліній цього поля, створюють струми, що генерують ЕМВ. Внаслідок цього різко збільшується амплітуда ЕМВ. Тривалість даного процесу з моменту вибуху від 1...3 до 100 нс.

3.5. Нормування складових електромагнітних полів

Допустимі рівні напруженості ЕМП радіочастотного діапазону на робочих місцях та в місцях знаходження персоналу – регламентуються за ГОСТ 12.1.006–84.

Стандарт розповсюджується на ЕМП діапазону частот 60 кГц – 300 МГц. Електромагнітні поля цього радіочастотного діапазону слід оцінювати напруженістю електричної та

магнітної складових, а у діапазоні частот 300 МГц – 300 ГГц поверхневою густиною потоку енергії.

Напруженість ЕМП в діапазоні частот 60 кГц – 300 МГц на робочих місцях персоналу протягом однієї доби не повинна перевищувати встановлених гранично допустимих рівнів (ГДР), табл. 3.1.

Таблиця 3.1

Гранично допустимі рівні ЕМП

Діапазон частот	ГДР напруженості ЕМП	
	за електричною складовою, В/м	за магнітною складовою, А/м
60 кГц – 3 МГц	50	5
3–30 МГц	20	–
30–50 МГц	10	0,3
50–300 МГц	5	–
300 МГц – 300 ГГц	–	–

Допустима поверхнева густина потоку енергії ЕМП в діапазоні частот 0,3–300 ГГц на робочих місцях персоналу потрібно визначати, виходячи з допустимого енергетичного навантаження на організм людини з урахуванням часу впливу за формулою:

$$ГДЗ_{ГДР} = \frac{ЕН_{ГДР}}{T}, \quad (3.2)$$

де $ГДЗ_{ГДР}$ – гранично допустиме значення щільності потоку енергії, $Вм/м^2$; $ЕН_{ГДР}$ – нормативна величина енергетичного навантаження за робочу добу 2–20 $Вм/м^2$ за годину; T – час впливу, год.

Максимальне значення $ГДЗ_{ГДР}$ не повинно перевищувати 10 $Вм/м^2$ за год.

Гранично допустимі рівні ЕМП (електрична складова) радіочастотного діапазону для населення наведені в табл. 3.2.

Контроль інтенсивності опромінювання повинен проводитися не рідше одного разу на рік, а також при введенні в дію нових чи реконструйованих старих генераторних установок.

При інтенсивності $6 \text{ мВт} \cdot \text{см}^{-2}$ у організмі людини помічені такі зміни:

- у статевих залозах;
- у складі крові;
- виникнення каламутності кришталика ока;
- підвищення кров'яного тиску;
- розриви капілярів та крововиливи у легені та печінці.

За інтенсивності до 100 мВт/см^2 спостерігаються:

- стійка гіпотонія;
- стійкі зміни серцево-судинної системи;
- двостороння катаракта.

Таблиця 3.2

Гранично допустимі рівні ЕМП для населення

Місце знаходження людей	Границі діапазону				
	30–300 кГц	0,3–3,0 МГц	3–30 МГц	30–300 МГц	0,3–300 ГГц
Територія житлової забудови, місця відпочинку, приміщення, робочі місця працюючих до 18 років та вагітних жінок	25 В/м	15 В/м	10 В/м	3 В/м	$10 \text{ мкВ} \times \text{см}^{-1}$

Подальше опромінювання помітно впливає на тканини, викликає больові відчуття, а якщо воно перевищує 1 Вм/см^2 , то це викликає дуже швидку втрату зору.

У випадку роботи декількох джерел випромінювання електромагнітних хвиль у діапазоні частот 0,06–300 МГц, для яких встановлені єдині значення ГДР, сумарна інтенсивність впливу для електричної (E) та магнітної (H) складових ЕМП визначається за формулою:

$$E = \sqrt{E_1^2 + E_2^2 + \dots + E_n^2}; \quad (3.3)$$

$$H = \sqrt{H_1^2 + H_2^2 + \dots + H_n^2}. \quad (3.4)$$

У тому ж діапазоні частот, для яких встановлені різні значення ГДР, повинна виконуватися наступна умова:

$$\left(\frac{E_1}{E_{ГДР_1}}\right)^2 + \left(\frac{E_2}{E_{ГДР_2}}\right)^2 + \dots + \left(\frac{E_n}{E_{ГДР_n}}\right)^2 \leq 1, \quad (3.5)$$

де E_1, E_2, \dots, E_n – виміряні значення напруженості електричної складової поля; $E_{ГДР_1}, E_{ГДР_2}, \dots, E_{ГДР_n}$ – гранично допустимі рівні впливу для відповідного частотного діапазону.

Гранично допустимі рівні електростатичного поля в житлових та нежитлових приміщеннях не повинні перевищувати 15 кВ/м . Таке ж ГДР встановлене для телевізорів, відеомоніторів, осцилографів, які експлуатуються у побутових умовах.

Гранично допустимі рівні напруженості електростатичного поля у житлових приміщеннях (при мережі живлення 50 Гц) становить 500 В/м . Для електричних полів, які випромінюються повітряними ЛЕП напругою 300 кВ і вище – такі рівні:

- на території зони житлової забудови – 1 кВ/м ;
- в населеній місцевості, зокрема зоні житлової забудови, а також на території присадибних ділянок – 5 кВ/м ;
- на ділянках перехресть високовольтних ліній з автомобільними шляхами категорії 1–4 – 10 кВ/м ;
- у важкодоступній місцевості та на ділянках спеціально огорожених для виключення доступу населення – 20 кВ/м .

Що стосується магнітного поля промислової частоти, то ГДР напруженості магнітного поля повинен становити:

- для часу опромінювання до 2 годин на добу – 500 мкТл ;
- для часу опромінювання до 24 годин – 100 мкТл .

3.6. Методи та засоби вимірювання характеристик електромагнітних полів

Існують три методи вимірювання електричних полів:

1. Метод оцінки напруженості поля за різницею потенціалів між електродами, що перебувають у полі.

2. Метод вимірювання величини заряду, що індукується полем на поверхні провідника, що знаходиться в останньому.

3. Метод аналізу впливу поля на рух електронів або йонів.

Методи вимірювання магнітних полів можна класифікувати за принципом вимірювання та використаних засобів вимірювальної техніки.

Індукційний метод – ґрунтується на вимірюванні електро-рушійної сили у витках котушки під час зміни діючого на нього магнітного потоку.

Протонно-прецесійний метод ґрунтується за принципом орієнтування ядер атомів зовнішнім магнітним полем так, щоб власні магнітні моменти ядер (протонів) повернулися вздовж поля.

Надпровідний метод ґрунтується на ефекті Джозефсона – протіканні напівпровідного струму через тонкий шар діелектрика, що розділяє два напівпровідники.

Для вимірювання параметрів електричного й магнітного полів застосовують прилад “V&E – метр” типу А002м (рис. 3.4).

Прилад призначений для проведення експрес-вимірювань середньоквадратичного значення осциляції електричної й магнітної складової електромагнітного поля в житлових і робочих приміщеннях. Прилад може бути використаним для проведення санітарно-гігієнічного обстеження приміщень з електрообладнанням (комп’ютери, ігрові автомати), а також для аналізу електромагнітного фону джерел інтенсивного електромагнітного випромінювання.



Рис. 3.4. Загальний вигляд приладу “В&Е”

З метою апаратурного забезпечення санітарно-гігієнічних вимог контролю за виконанням «Санитарных Правил и Норм 2.2.2.542-96» амплітудні і частотні діапазони вимірювань обрані з відповідністю з наведеними в указаному документі допустимими значеннями параметрів неіонізуючих електромагнітних випромінювань. Прилад виконаний за багатоканальною схемою, що дозволяє одночасно проводити вимірювання електричної і магнітної складової електромагнітного поля. Обробка результатів вимірювань здійснюється з вмонтованим в прилад мікропроцесором. Це дозволяє автоматизувати процес вимірювання.

Вимірювач напруженості електромагнітного поля (ВНП) «ПЗ-21» призначений для вимірювання середньоквадратичних значень напруженості електричної та магнітної складових електромагнітного поля в режимах неперервної генерації, амплітудної, частотної та імпульсної модуляції.

Вимірювач ВПН «ПЗ-21» використовується для просторового обстеження інтенсивності ВЧ-випромінювань в широкій смузі частот, для контролю небезпечних рівнів ВЧ-випромінювань на робочих місцях персоналу, обслуговуючих електрорадіотехнічного обладнання і систем, які випромінюють ЕМП.

Прилади “Wandel & Goltermann” EMR-20, EMR-30 призначені для ізотропного вимірювання рівнів високочастотних електричних полів, створених різними джерелами: телевізійними передавачами, медичним обладнанням, радарамі, передавачами систем, радіо- і сотового зв'язку, мікрохвильовими печами тощо. У таблиці 3.3 наведено загальні технічні характеристики приладу EMR-30.

У приладі вбудований мікропроцесорний пристрій для обчислення результатів вимірювань, пам'ять мікропроцесорного пристрою спроможна запам'ятовувати 1500 результатів. В приладі передбачений оптичний модуль інтерфейсу V.24 (RS 232). Вимоги експлуатації: температура оточуючого середовища, °С – від 0 до 50; відносна вологість, % – від 25 до 75.

У приладі передбачений оптичний модуль інтерфейсу V.24 (RS 232) для передачі результатів вимірювань. Обробка отриманих результатів здійснюється за допомогою широко допустимих програм (наприклад, Microsoft® Excel).

Таблиця 3.3

Технічні характеристики приладу EMR-30

Діапазон частот	від 100 кГц до 3 ГГц
Діапазон вимірювання середньоквадратичного значення напруженості змінного електричного поля	від 1 до 800 В·м ⁻¹
Діапазон вимірювання середнього значення щільності потоку енергії	від 0,27 до 170000 мкВт·см ⁻²
Приведена похибка вимірювання	±1дБ
Габаритні розміри (з датчиком)	96×64×465 мм
Вага (з елементами живлення)	450 г

Вимоги експлуатації: температура оточуючого середовища, °С – від 0 до 50; відносна вологість повітря, % – від 5 до 95. В аналізаторі передбачено оптичний модуль двонаправленого послідовного інтерфейсу V.24 (RS 232) для передачі результатів вимірювань.

Аналізатор здатний на наступне: автоматичне проведення вимірювань терміном до 24 годин; запам'ятовування 4095 результатів вимірювань (EFA-2, EFA-3); фільтрування сигналів (за допомогою смугових фільтрів) всіх промислових частот та їх гармонік. Аналізатор містить частотомір.

Аналізатори змінного електромагнітного поля “Wandel & Goltermann” EFA-1, EFA-2, EFA-3 призначені для ізотропного (ненаправленого) вимірювання параметрів низько-частотних магнітних і електричних полів, створених різними джерелами: лініями електропередач змінного струму, трансформаторними підстанціями, промисловими та побутовими електроприладами, засобами візуального відображення інформації (дисплеями комп'ютерів та телевізорів) і тощо.

В таблиці 3.4. наведено загальні дані і технічні характеристики аналізаторів.

Таблиця 3.4

Технічні характеристики аналізаторів

Частотний діапазон	від 5Гц до 30 кГц
Діапазон вимірювання середньоквадратичного або пікового значення щільності потоку магнітної індукції, середньоквадратичного або пікового значення напруженості змінного електричного поля	від 5 нТл до 10 мТл від 0,1 В·м ⁻¹ до 100 В·м ⁻¹ (тільки EFA-3)
Відносна похибка вимірювань: - змінного магнітного поля - змінного електричного поля	± 3 % ± 5 %
Пристрій відліку інформації	багатофункціональний рідинно-кристалічний індикатор
Габаритні розміри	110×200×60 мм
Маса	1000 г

3.7. Захист від електромагнітних випромінювань радіочастотного діапазону

Для забезпечення безпеки персоналу від дії ЕМП використовують такі заходи: організаційні; інженерно-технічні; лікувально-профілактичні.

Організаційні заходи включають: раціональне розміщення радіотехнічних пристроїв, відповідний режим праці та відпочинку, створення санітарно-захисних зон.

До інженерно-технічних заходів належить герметизація установок, екранування, захист відстанню та дистанційним управлінням.

Для екранування робочого місця використовують відбиваючі, сіткові, еластичні та поглинаючі типи екранів. Форму, розміри і товщину екрана визначають розрахунком.

Для захисту працюючих використовують спеціальний одяг, виготовлений із металізованої тканини у вигляді комбінезонів, халатів, фартухів, курток із капюшонами з вмонтованими в них окулярами, скельця яких покриті шаром оксиду олова, що послаблює потужність хвиль.

До лікувально-профілактичних заходів захисту належить проведення попередніх та періодичних медичних оглядів з метою виявлення ушкодження здоров'я на ранніх стадіях радіохвильової форми хвороби.

Особи, які не досягли 18-річного віку, до робіт з генераторами радіочастот не допускаються. Особам, що контактують з джерелами КВЧ- і УВЧ-випромінювання, видається додаткова відпустка та скорочення тривалості робочого дня.

3.7.1. Заходи колективного захисту

Заходи та засоби захисту від ЕМ випромінювань радіочастотного діапазону поділяються на індивідуальні та колективні. Останні можна поділити на організаційні, технічні та лікувально-профілактичні.

До організаційних заходів колективного захисту належать:

- розміщення об'єктів, які випромінюють ЕМП таким чином, щоб звести до мінімуму можливе опромінення людей;
- “захист часом” – перебування персоналу в зоні дії ЕМП обмежується мінімально необхідним для проведення робіт часом;
- захист “відстанню” – віддалення робочих місць на максимально допустиму відстань від джерел ЕМП;
- “захист кількістю” – потужність джерел випромінювання повинна бути мінімально необхідною;
- виділення зон випромінювання ЕМП відповідними знаками безпеки;
- проведення дозиметричного контролю. Технічні засоби колективного захисту передбачають:
 - екранування джерел випромінювання ЕМП;
 - екранування робочих місць;

- дистанційне керування установками, до складу яких входять джерела ЕМП;

- застосування попереджувальної сигналізації.

До лікувально-профілактичних заходів колективного захисту належать:

- попередній та періодичні медогляди;

- надання додаткової оплачуваної відпустки та скорочення тривалості робочої зміни;

- допуск до роботи з джерелами ЕМП осіб, вік яких становить не менше 18 років, а також таких, що не мають протипоказів за станом здоров'я.

3.7.2. Технічні засоби захисту

Одним із найбільш ефективних технічних засобів захисту від ЕМ випромінювань радіочастотного діапазону, що знаходить широке застосування у промисловості, є екранування. Для екранів використовуються, головним чином, матеріали з великою електричною провідністю (мідь, латунь, алюміній та його сплави, сталь). Екрани виготовляються із металевих листів або сіток у вигляді замкнутих камер, шаф чи кожухів, що під'єднуються до системи заземлення. Принцип дії захисних екранів базується на поглинанні енергії випромінювання матеріалом з наступним відведенням в землю, а також на відбиванні її від екрана.

Основною характеристикою екрана є його ефективність екранування \mathcal{E} , тобто ступінь послаблення ЕМП. Товщину екрана b із суцільного листового матеріалу, що забезпечує необхідне послаблення інтенсивності ЕМП, можна визначити за формулою:

$$b = \frac{E_n}{154\sqrt{f\mu\rho}}, \quad (3.6)$$

де E_n – задане значення послаблення інтенсивності ЕМП, яке визначається шляхом ділення дійсної інтенсивності поля на гранично допустиму; f – частота ЕМП, Гц; μ – магнітна проникність матеріалу екрана, Г/м; ρ – питома провідність матеріалу екрана, Ом/м.

Захист приміщення від впливу зовнішніх ЕМП можна забезпечити шляхом оклеювання стін металізованими шпалерами та облаштування на вікнах металевих сіток.

Генератори струмів високої частоти слід монтувати в окремих вогнестійких приміщеннях, машинні генератори – у звуконепроникних кабінах. Для установок потужністю до 30 кВт відводять площі не менше 40 м², більшої потужності – не менше 70 м². Відстань між установками повинна бути не менше 2 м. Приміщення екранують, застосовуючи для екранів сталь, алюміній, мідь, латунь та інші матеріали.

Знаючи характеристики металу, можна визначити необхідну товщину екрана за формулою:

$$t = \frac{\lg E_{EK}}{\sqrt{\omega \cdot \mu \cdot \frac{\gamma}{2}}}, \quad (3.7)$$

де ω – кутова частота змінного струму, рад/с ($\omega = 2\pi f$);
 μ – магнітна проникність металу захисного екрана, Г/м;
 γ – електрична провідність металу екрана (Ом·м)⁻¹;
 E_{EK} – ефективність екранування на місці перебування людини на робочому місці), визначається за формулою:

$$E_{EK} = H_{l_2} / H_{l_1}, \quad (3.8)$$

де H_{l_2} , H_{l_1} – максимальне значення напруги магнітної складової поля на відстані 1 м від джерела ЕМП відповідно без екрана та з екраном. Напругу H_l , визначаємо за формулою:

$$H \sum_l = \frac{n \cdot I \cdot r_2}{4l_2} \beta_n, \quad (3.9)$$

де n – кількість витків; r – радіус котушки, м; l – відстань від джерела до (котушки) до робочого місця, м; β_l – коефіцієнт, що визначається із співвідношення l/r , при $l/r=10$ $\beta_l=1$.

Якщо регламентується допустима електрична складова ЕМП E_d , то магнітну складову можна визначити за виразом:

$$H_d = 1,27 \cdot 10^5 E_d / lf, \quad (3.10)$$

де f – частота поля, Гц.

Санітарно-епідеміологічна служба проводить контроль рівнів ЕМП при введенні в експлуатацію нових або реконструйованих об'єктів, а також при поточному нагляді.

Як засоби індивідуального захисту від ЕМ-випромінювань застосовуються халати, комбінезони, захисні окуляри тощо. Матеріалом для халатів та комбінезонів слугує спеціальна радіотехнічна тканина, в структурі якої тонкі металеві нитки утворюють сітку. Для захисту очей використовують спеціальні радіозахисні окуляри ОРЗ-5 (ЗП5-90), на скло яких нанесено тонку прозору плівку напівпровідникового олова.

Запитання для самоперевірки:

1. Що являють собою електромагнітні поля, та які причини їх виникнення?
2. Наведіть приклади джерел електромагнітних полів антропогенного походження.
3. Які основні параметри складових електромагнітного поля?
4. Наведіть показники гранично допустимих рівнів складових електромагнітного поля на робочих місцях і для населення.
5. Від чого залежать гранично допустимі рівні електромагнітного поля промислової частоти?
6. Як визначають сумарну інтенсивність впливу для електричної (Е) та магнітної (Н) складових ЕМП?
7. До яких наслідків призводять електромагнітні випромінювання на людину та об'єкти довкілля?
8. В чому полягає суть електромагнітного тероризму?
9. Яка передісторія розвитку електромагнітної зброї?
10. НААРР – зброя масового впливу на землю.
11. Психотронна зброя творців системи НААРР.
12. Що собою являє ЕМВ-зброя?
13. Які застосовують методи вимірювання характеристик електромагнітних полів?
14. В чому полягає суть захисту від електромагнітних випромінювань радіочастотного діапазону?
15. Як здійснюють захист приміщення від впливу зовнішніх ЕМП?
16. Як засоби індивідуального захисту від ЕМП?

ЗМІСТ

ПЕРЕДМОВА	3
ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ	5
Частина 1. ОСНОВНІ ПОНЯТТЯ ТА КОНЦЕПЦІЇ ЕКОЛОГІЇ ТА ІНЖЕНЕРНОЇ ЕКОЛОГІЇ. АНТРОПОГЕННЕ ЗАБРУДНЕННЯ СКЛАДОВИХ ДОВКІЛЛЯ – МЕТОДИ ТА ТЕХНІЧНІ ЗАСОБИ ЇХ ЗАХИСТУ	7
Розділ 1. ЗАГАЛЬНІ УЯВЛЕННЯ ПРО ЕКОЛОГІЮ. ІНЖЕНЕРНА ЕКОЛОГІЯ – ОСНОВНІ ПРИНЦИПИ ТА НАПРЯМИ РОЗВИТКУ	8
1.1. Стисла історична довідка становлення екології як науки	8
1.2. Екологія – стратегія заходів з охорони природи	10
1.3. Основні екологічні закони, правила, принципи та фактори	11
1.4. Ноосфера	17
1.5. Інженерна екологія. Основні поняття	18
1.5.1. Основні напрями інженерної екології	19
1.5.2. Концепції і принципи інженерної екології	20
1.5.3. Зв'язок інженерної екології з іншими науками	22
1.6. Загальні поняття матеріального виробництва. Техніко-екологічні аспекти виробництва	23
1.7. Забруднення. Види забруднень	25
<i>Запитання для самоперевірки</i>	29
Розділ 2. АНТРОПОГЕННИЙ ВПЛИВ НА АТМОСФЕРУ. МЕТОДИ ТА ТЕХНІЧНІ ЗАСОБИ ЗАХИСТУ АТМОСФЕРИ	31
2.1. Загальні уявлення про атмосферу	32
2.2. Забруднення атмосферного повітря. Джерела забруднення	36
2.3. Наслідки забруднення	39
2.3.1. Перевищення гранично допустимих концентрацій токсичних речовин та їх можливі наслідки	39
2.3.2. Парниковий ефект	41
2.3.3. <i>Кислотні опади</i>	43
2.3.4. <i>Руйнування озонового шару атмосфери</i>	45
2.4. Управління якістю атмосферного повітря	47
2.4.1. Якість атмосферного повітря. Нормативні показники якості повітря	48
2.4.2. Оцінка стану повітряного середовища	51
2.4.3. Гранично допустимий викид	52

2.4.4. Нормування розмірів санітарно-захисної зони промислових підприємств	55
2.5. Методи та технічні засоби захисту атмосфери від техногенного впливу	58
2.5.1. Очищення промислових повітряних викидів від пилу	60
2.5.1.1. Механічні принципи сухого вилучення пилу з повітряного (газового) потоку	66
2.5.1.2. Фізичні методи видалення пилу з повітряного потоку	89
2.5.2. Очищення повітряних викидів від паро- і газоподібних забруднень	94
2.5.2.1. Абсорбційні методи	95
2.5.2.2. Адсорбційні методи очищення	100
2.5.2.3. Каталітичні методи очищення	106
2.5.2.4. Термічні методи знешкодження газових викидів	108
2.6. Плата за викиди	109
<i>Запитання для самоперевірки</i>	111
Розділ 3. АНТРОПОГЕННИЙ ВПЛИВ НА ГІДРОСФЕРУ. МЕТОДИ ТА ТЕХНІЧНІ ЗАСОБИ ЗАХИСТУ ОБ'ЄКТІВ	113
3.1. Гідросфера. Забруднення гідросфери	113
3.2. Показники якості води	116
3.3. Методи оцінки якості води	118
3.4. Водопостачання	120
3.4.1. Системи водопостачання	122
3.4.2. Стан водопостачання урбанізованих систем	123
3.4.3. Стан водопостачання у сільській місцевості	124
3.4.4. Режими водоспоживання	128
3.5. Стічні води. Утворення стічних вод	130
3.6. Каналізація	132
3.6.1. Каналізація населених пунктів	132
3.6.2. Каналізація промислових підприємств	133
3.6.3. Каналізація сільської місцевості	134
3.7. Методи очистки стічних вод	135
3.7.1. Механічні методи очистки стічних вод	135
3.7.2. Фізико-хімічні методи очистки стічних вод	136
3.7.3. Хімічні методи очистки стічних вод	141
3.7.4. Біологічні методи очистки стічних вод	142

3.7.5. Знезараження стічних вод	153
3.8. Очисні споруди	158
3.9. Очищення стічних вод тваринницьких комплексів	160
3.10. Гранично допустимий скид	165
3.11. Плата за скиди	168
3.12. Розрахунок основних споруд для очистки побутових стічних вод	169
<i>Запитання для самоперевірки</i>	174
Розділ 4. АНТРОПОГЕННИЙ ВПЛИВ НА ЛІТОСФЕРУ ТА МЕТОДИ ЙОГО ЗМЕНШЕННЯ	176
4.1. Літосфера. Загальні уявлення	176
4.2. Ґрунти. Роль ґрунтів у біосфері	177
4.3. Забруднення ґрунтів. Джерела забруднення	178
4.4. Деградація ґрунтів	180
4.4.1. Деградація ґрунтів від внесення добрив та отрутохімікатів	181
4.4.2. Деградація ґрунтів технічними культурами	181
4.4.3. Деградація ґрунтів від надмірної механізації	182
4.4.4. Деградація ґрунтів спричинена ерозією	183
4.5. Нормативні показники якості ґрунту	184
4.6. Методи зменшення антропогенного впливу на літосферу	187
4.6.1. Рекультивация земель	188
4.6.1.1. Процес рекультивации порушених земель	189
4.6.1.2. Вимоги до рекультивации земель за різних напрямків використання	190
4.6.1.3. Конкретизация прийомів рекультивации пошкодження ґрунтово-рослинного покриву	192
4.6.2. Заходи боротьби з ерозією ґрунтів	194
4.6.2.1. Організаційно-господарські заходи	195
4.6.2.2. Агротехнічні заходи	196
4.6.2.3. Смугове розміщення культур	198
4.7. Екологізація сучасного землеробства	199
<i>Запитання для самоперевірки</i>	201
Частина 2. ФІЗИЧНЕ ЗАБРУДНЕННЯ ДОВКІЛЛЯ. МЕТОДИ ЗМЕНШЕННЯ ЙОГО ВПЛИВУ НА ДОВКІЛЛЯ	203
Розділ 1. ШУМОВЕ ТА ВІБРАЦІЙНЕ ЗАБРУДНЕННЯ. МЕТОДИ ТА ЗАСОБИ ЗМЕНШЕННЯ ШУМОВОГО	204

НАВАНТАЖЕННЯ НА ДОВКІЛЛЯ	
1.1. Шум. Джерела шуму	204
1.2. Характеристики шуму	205
1.3. Дія шуму на складові довкілля	207
1.4. Методи та засоби вимірювання параметрів шуму	210
1.5. Технічне та гігієнічне нормування шуму	215
1.6. Заходи та засоби зменшення шумового навантаження на довкілля	218
1.6.1. Зниження шуму від автотранспорту на території міст	219
1.6.2. Методи і засоби захисту від шуму на автомагістралях	225
1.6.3. Методи і засоби захисту від виробничого шуму	227
1.6.4. Захист від ультра- та інфразвуку	229
<i>Запитання для самоперевірки</i>	229
Розділ 2. ВІБРАЦІЙНЕ ЗАБРУДНЕННЯ. ЗАХОДИ ТА ЗАСОБИ ЗМЕНШЕННЯ	231
2.1. Вібрація. Джерела вібрації	231
2.2. Вібраційне забруднення довкілля	232
2.3. Нормування вібраційного навантаження	233
2.4. Методи та засоби зменшення вібраційного навантаження на довкілля	236
2.4.1. Заходи профілактики від шкідливої дії вібрації	236
2.4.2. Технічні засоби обмеження і зменшення вібрації	236
<i>Запитання для самоперевірки</i>	238
Розділ 3. ЕЛЕКТРОМАГНІТНЕ ЗАБРУДНЕННЯ. ЗАХОДИ ТА ЗАСОБИ ЗМЕНШЕННЯ ЕЛЕКТРОМАГНІТНОГО НАВАНТАЖЕННЯ НА ДОВКІЛЛЯ	240
3.1. Електромагнітне поле. Загальні характеристики	241
3.2. Джерела електромагнітного поля	242
3.3. Вплив електромагнітного поля на живі організми	243
3.4. Електромагнітний тероризм	247
3.4.1. Передісторія розвитку електромагнітної зброї	249
3.4.2. НААРР - зброя масового впливу на довкілля	252
3.4.3. ЕМВ-зброя	256
3.5. Нормування складових електромагнітних полів	256
3.6. Методи та засоби вимірювання характеристик електромагнітних полів	259
3.7. Захист від електромагнітних випромінювань радіочастотного діапазону	263

3.7.1. Заходи колективного захисту	264
3.7.2. Технічні засоби захисту	265
<i>Запитання для самоперевірки</i>	268
Розділ 4. ЗАБРУДНЕННЯ ЕЛЕКТРОМАГНІТНИМ ВИПРОМІНЮВАННЯМ ОПТИЧНОГО ДІАПАЗОНУ. ЗМЕНШЕННЯ ВПЛИВУ НА БІОЛОГІЧНІ ОБ'ЄКТИ	270
4.1. Інфрачервоне випромінювання. Джерела утворення	270
4.1.1. Область використання	271
4.1.2. Вплив ІЧ-випромінювань на біологічні об'єкти	273
4.1.3. Нормування теплового опромінювання інфрачервоними променями	274
4.1.4. Заходи та засоби зменшення впливу на біологічні об'єкти	274
4.2. Ультрафіолетове випромінювання. Джерела утворення	275
4.2.1. Вплив ультрафіолетове випромінювання на організм людини	276
4.2.2. Нормування інтенсивності ультрафіолетового випромінювання	277
4.2.3. Профілактично-захисні заходи зменшення впливу на біологічні об'єкти	278
4.3. Лазерне випромінювання	279
4.3.1. Застосування лазерів	279
4.3.2. Вплив лазерного випромінювання на біологічні об'єкти	280
4.3.3. Нормування впливу лазерного випромінювання на людину	282
4.3.4. Захист від лазерного випромінювання	283
<i>Запитання для самоперевірки</i>	285
Розділ 5. РАДІАЦІЙНЕ ЗАБРУДНЕННЯ. ЗАХОДИ ТА ЗАСОБИ ЗМЕНШЕННЯ ВПЛИВУ НА БІОЛОГІЧНІ ОБ'ЄКТИ	287
5.1. Радіоактивне забруднення. Джерел забруднення	287
5.2. Основні види випромінювання	288
5.3. Наслідки радіаційного забруднення	291
5.4. Система нормування в галузі радіаційної безпеки	296
5.5. Методи та засоби вимірювання і реєстрації інтенсивності іонізуючого випромінювання	301

5.6. Методи і засоби захисту від радіаційного забруднення	308
5.6.1. Заходи захисту від внутрішнього опромінювання	308
5.6.2. Основні принципи забезпечення радіаційної безпеки від зовнішнього опромінення	310
5.6.3. Захист сільськогосподарських тварин від ураження радіоактивними речовинами	312
<i>Запитання для самоперевірки</i>	313
Розділ 6. ТЕПЛОВЕ ЗАБРУДНЕННЯ. ЗАХИСТ ВІД ТЕПЛОВОГО ЗАБРУДНЕННЯ	315
6.1. Теплове забруднення. Джерела теплового забруднення	315
6.1.1. Теплове забруднення атмосферного повітря	315
6.1.2. Теплове забруднення гідросфери	316
6.2. Технологічні шляхи вирішення проблеми теплового забруднення довкілля	318
6.2.1. Захист від теплового забруднення повітряного басейну	318
6.2.2. Захист від теплового забруднення водного басейну	319
<i>Запитання для самоперевірки</i>	320
Частина 3. ЕКОЛОГІЧНА РЕГЛАМЕНТАЦІЯ ГОСПОДАРСЬКОЇ ДІЯЛЬНОСТІ ЛЮДИНИ	321
Розділ 1. СИСТЕМА ЕКОЛОГІЧНОГО МОНІТОРИНГУ ДОВКІЛЛЯ	322
1.1. Становлення і розвиток моніторингу довкілля	322
1.2. Місце і роль моніторингу в системі природокористування та охорони довкілля	324
1.3. Основні напрямки діяльності моніторингу	324
1.3.1. Моніторинг як система спостережень за станом довкілля	326
1.3.2. Організація спостережень за станом довкілля	327
1.4. Види моніторингу. Створення бази даних моніторингу довкілля	329
<i>Запитання для самоперевірки</i>	331
Розділ 2. СТАНДАРТИЗАЦІЯ І СЕРТИФІКАЦІЯ	333
2.1 Стандартизація. Сутність стандартизації	333
2.1.1. Види та рівні стандартизації	333
2.1.2. Нормативні документи стандартизації та їх позначення	334
2.1.3. Єдина система технологічної документації	336
2.1.4. Види стандартів	338
2.1.5. Держспоживстандарт України та його функції	341

2.2. Сертифікація. Сутність сертифікаційної діяльності	342
2.2.1. Загальні уявлення про сертифікацію та її види	342
2.2.2. Екологічна сертифікація. Загальні уявлення	343
2.2.3. Сертифікації УкрСЕПРО	345
2.2.4. Маркування продукції. Знаки відповідності	346
2.2.5. Екологічне маркування чистої продукції	348
2.2.6. Коди переробки та штрихове кодування інформації	351
<i>Запитання для самоперевірки</i>	353
Розділ 3. ПРАВОВА ЕКОЛОГІЧНА РЕГЛАМЕНТАЦІЯ	355
3.1. Екологічна експертиза	355
3.2. Екологічний аудит	357
3.3. Екологічний менеджмент	359
3.4. Екологічний маркетинг	359
3.5. Екологічна паспортизація	361
3.6. Екологічне страхування	362
3.7. Екологічне ліцензування	363
<i>Запитання для самоперевірки</i>	365
Частина 4. АНАЛІЗ РИЗИКІВ ТЕХНОГЕННИХ НЕБЕЗПЕК	366
Розділ 1. ЕКОЛОГІЧНИЙ РИЗИК	367
1.1. Екологічний ризик – передумови виникнення екологічної небезпеки	367
1.2. Основні поняття екологічної безпеки	368
1.3. Діяльність та об'єкти, які становлять підвищену екологічну небезпеку	370
1.4. Критерії екологічної безпеки	372
1.5. Загрози національним інтересам і безпеці України в екологічній сфері	373
1.6. Визначення категорії екологічної безпеки об'єкта господарювання	374
<i>Запитання для самоперевірки</i>	376
Розділ 2. ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ БЕЗПЕКИ ПРОДОВОЛЬЧИХ ТОВАРІВ	377
2.1. Харчування – біологічна потреба людини	377
2.2. Забруднення продовольчих товарів. Джерела забруднення	380
2.3. Екологічна безпека харчових продуктів	382
2.4. Основні хвороби харчового походження, що викликаються мікроорганізмами	384

2.5. Критерії якості та санітарно-гігієнічне нормування забрудненості харчових продуктів	386
2.6. Альтернативні методи боротьби з хворобами та шкідниками сільгосппродуктів	388
2.6.1. Профілактичні заходи боротьби з шкідниками та хворобами овочів	388
2.6.2. Методи захисту плодових і ягідних рослин	389
2.6.3. Екологічний метод захисту рослин	390
2.6.4. Контроль продовольчої сировини і харчових продуктів за вмістом у них залишкових кількостей пестицидів і агрохімікатів	390
2.7. Безпечне використання харчових продуктів	392
<i>Запитання для самоперевірки</i>	393
Розділ 3. ПОЖЕЖИ ТА ВИБУХИ. ПРОФІЛАКТИКА ТА ЗАХИСТ ВІД ЇХ НЕГАТИВНИХ ВПЛИВІВ	395
3.1. Пожежа. Основні причини та види пожеж	395
3.1.1. Горіння. Класифікація видів горіння	396
3.1.2. Основні причини та класифікація пожеж	397
3.2. Вибухи. Класифікація вибухів	402
3.3. Наслідки пожеж та вибухів	404
3.4. Запобігання надзвичайних ситуацій, пов'язаних з пожежами та вибухами	405
3.5. Захист від пожеж та вибухів	407
<i>Запитання для самоперевірки</i>	410
Розділ 4. ПОВОДЖЕННЯ З ВІДХОДАМИ ВИРОБНИЦТВА ТА СПОЖИВАННЯ	411
4.1. Загальне уявлення про відходи	411
4.1.1. Класифікація, склад та властивості відходів	412
4.1.2. Норми нагромадження відходів	415
4.1.3. Збір і видалення міських відходів	416
4.1.3.1. Збір твердих побутових відходів	416
4.1.3.2. Прибирання міських територій	417
4.1.3.3. Видалення побутових відходів	419
4.1.4. Полігони твердих побутових відходів	424
4.1.5. Утилізація твердих побутових відходів	424
4.1.6. Сміттепереробні та сміттєспалювальні заводи	426
4.2. Промислові відходи. Джерела утворення	429

4.2.1. Методи підготовки й переборки промислових твердих відходів	429
4.2.2. Термічні методи переробки й знешкодження відходів	430
4.2.3. Технологія складування промислових відходів	432
4.3. Вторинна сировина. Пріоритетні напрямки і перспективи використання	433
4.4. Екологічні показники накопичення відходів	435
4.5. Утилізація та біотехнологія переробки відходів тваринництва	437
4.6. Плата за розміщення відходів	443
<i>Запитання для самоперевірки</i>	445
ГЛОСАРІЙ	447
ДОДАТКИ	465