

Лекція № 14 (ч.2)

Тема лекції: **Профілактика професійних захворювань при дії електромагнітних випромінювань радіочастотного діапазону.**

План лекції

Вступ.

1. Характеристика джерел ЕМВ РЧ-діапазону.
 2. Класифікація ЕМВ РЧ-діапазону.
 3. Характеристика та види несприятливої дії ЕМВ РЧ-діапазону.
 4. Одиниці вимірювання, прилади для моніторингу та нормування ЕМВ РЧ-діапазону.
 5. Професійна захворюваність та принципи захисту персоналу.
- Заклучна частина.

Література

1. Основи охорони праці: Навч. посібн. / І.О. Воронов, І.Д. Коваленко, П.В. Афанасьєв, Т.В. Булгач. – К.: Генеза, 2004. – 264 с.
2. Запорожець О.І., Протоєрейський О.С., Франчук Г.М., Боровик І. М. Основи охорони праці. Підручник. – К.: Центр учбової літератури, 2009. – 264 с.
3. Катренко Л.А., Кіт Ю.В., Пістун І.П. Охорона праці.- Суми.- 2009.- 540с.
4. Гандзюк М.П., Желібо Є.П., Халімовський М.О. Основи охорони праці.- Київ: Вища освіта в Україні, 2013. – 408 с.
5. Державні санітарні норми і правила захисту населення від впливу електромагнітного випромінювання. Затв. МОЗ України 01.08.96р., №239.
6. Державні санітарні норми і правила при роботі з джерелами електромагнітних полів. Затв.МОЗ України 18.12.2002р., №476.
7. Радиочастоты и микроволны. Гигиенические критерии состояния окружающей среды. 16. – Женева: Совместное издание Программы ООН по окружающей среде Всемирной организации здравоохранения и международной ассоциации по радиационной защите. – 1984. – 145с.
8. Мобильная связь и телефония. / Гуляев Ю., Булгаков Б., Нарытник Т., Сайко В. Телекоммуникационное радиоизлучение./ Винахідник і раціоналізатор./ 2004.

Наочні посібники

(Мультимедійний проектор, презентаційний матеріал).

Завдання на самостійну роботу

1. Систематизувати та поглибити матеріал лекції.

Вступ

В даний час стався величезний стрибок у розвитку технічних засобів. Так, енергія ультрависоких та високих частот застосовується в радіозв'язку, в радіомовленні, телебаченні, в промислових установках і технологічних процесах для нагріву, загартування і кування металу, термічної обробки діелектриків і напівпровідників. ЕМВ надвисоких частот (НВЧ) отримала широке застосування в радіолокації, радіонавігації, радіоастрономії, радіоспектроскопії, ядерній фізиці, медицині, промисловості та побуті. Крім того, подальше вдосконалення НВЧ-генераторів дозволить в найближчому майбутньому застосовувати енергію НВЧ-діапазону в радарних системах транспортних засобів для попередження зіткнень, в дорожніх системах сигналізації, в потужних системах наземного і супутникового зв'язку та ін.

1. Характеристика джерел ЕМВ РЧ-діапазону

До джерел електромагнітний полів (ЕМП) та електромагнітних випромінювань радіочастотного діапазону (ЕМВ-РЧ) належать потужні радіо, телевізійні і радіолокаційні станції, ретранслятори, засоби радіозв'язку різного призначення, в тому числі і супутникового, промислові установки високочастотного нагріву металів, високовольтні лінії електропередач, електротранспорт, вимірювальні прилади, персональні комп'ютери, мобільні телефони, WI-FI.

ЕМП - особлива форма матерії, за допомогою якої здійснюється взаємодія між зарядженими частинками.

Фізичні причини існування ЕМП пов'язані з тим, що електричне поле, яке змінюється в часі, породжує магнітне поле, а магнітне поле - вихрове електричне поле. Обидва компоненти, безперервно змінюючись, збуджують один одного. ЕМП нерухомих або рівномірно рухомих заряджених частинок нерозривно пов'язане з цими частками. При прискореному русі заряджених частинок ЕМП «відривається» від них і існує незалежно у формі електромагнітних хвиль, не зникаючи з усуненням джерела (наприклад, радіохвилі не зникають і за відсутності струму в антенах, що їх випромінюють).

Електромагнітна енергія поширюється в повітрі у вигляді електромагнітних хвиль зі швидкістю, близькою до швидкості світла, яка дорівнює 300 000 км/с.

Основними параметрами ЕМП є: довжина хвилі (λ); частота коливань; швидкість поширення. Всі три характеристики ЕМП пов'язані між собою. Довжина хвилі прямо пропорційна швидкості поширення ЕМП і обернено пропорційна частоті коливань. Герц - одне повне коливання в секунду. Похідні: кГц - 10^3 Гц, МГц - 10^6 Гц, ГГц - 10^9 Гц.

ЕМП характеризується сукупністю змінного електричного і нерозривно пов'язаного з ним магнітного полів. У зоні випромінювання електричне та магнітне поля математично пов'язані між собою певним співвідношенням.

У поняття «електромагнітне поле радіохвиль» входить весь діапазон радіочастот, обмежений, з одного боку, частотою 0,03 Гц, а з іншого - частотою 3000 ГГц. Цю ділянку спектра електромагнітних хвиль застосовують в радіомовленні, телебаченні, радіолокації, радіоастрономії, стільникового, супутникового зв'язку і ін.

Навколо будь-якого джерела випромінювання хвиль ЕМП умовно виділяють 3 зони:

- 1) ближня зона - зона індукції;
- 2) проміжна зона - зона інтерференції;
- 3) далека зона - хвильова зона (зона випромінювання).

Якщо геометричні розміри джерела випромінювання менше довжини хвилі (точкове джерело), кордони зон визначаються наступними відстанями (R):

- ближня (індукції) - $R < 1/6 \lambda$;
- проміжна (інтерференції) - $1/6 \lambda < R < 6 \lambda$;
- далека (випромінювання) - $R > 6 \lambda$.

Орієнтовані відстані поширення поля індукції від випромінювача: довгі – 160 – 500 м, середні – 16 – 160 м, короткі – 1,6 – 16 м, ультракороткі – 16 – 160 см, дециметрові – 1,6 – 16 см, сантиметрові – 0,6 - 1,6 см.

У ближній зоні (зона індукції) між електричною та магнітною складовими ЕМП немає певної залежності, і вони можуть відрізнятися один від одного в багато разів. Напруженості електричної (E) і магнітною (H) складових в зоні індукції зміщені по фазі на 90° : коли одна з них досягає максимуму, інша має мінімальне значення. Електромагнітні поля в міру віддалення від джерела швидко слабшають (загасають). При цьому в зоні індукції напруженість електричної складової поля обернено пропорційна відстані в третього ступеня (R^3), а напруженість магнітної складової поля обернено пропорційна відстані в квадраті (R^2). У зоні випромінювання напруженості ЕМП зменшуються пропорційно відстані в першого ступеня (в 1, 2, 3 рази на відстані в 10, 20, 30 м).

У дальній зоні (зона випромінювання) напруженості обох складових збігаються по фазі і в будь-який момент знаходяться в пропорційній залежності один від одного. У цій зоні правомочна залежність $E = 377 H$, де E - напруженість електричного поля; H - напруженість магнітного поля. Частота коливань ЕМВ визначається частотою коливань збудливого джерела і в процесі поширення радіохвиль не змінюється. Швидкість поширення радіохвиль в просторі складає 300000 км/с. Електромагнітні хвилі, поширюючись в просторі, переносять енергію вже на значні відстані.

Тому радіодіапазон використовується для передачі сигналів на відстань за допомогою радіо, телебачення, мобільних телефонів. У радіодіапазоні працює радіолокація, Wi-Fi, комп'ютери та інші гаджети.

Серед пристроїв, які інтенсивно ввійшли в наш побут за останні 10-15 років є мобільні стільникові засоби зв'язку, одним з елементів яких є приймально-передавальні базові станції систем GSM-900 і GSM-1800.

Експлуатація мобільних засобів зв'язку призводить до опромінювання користувачів ЕМВ надвисоких частот (НВЧ), які створюються самими мобільними телефонами (опромінювання відносно малими джерелами НВЧ потужністю порядку 0,25 Вт для стандарту GSM-900 і 0,125 Вт GSM-1800, і опромінювання людей та довкілля базовими станціями (відносно великою потужністю близько 50 Вт з одного передавача для стандарту GSM-900 і максимальною потужністю близько 32 Вт для стандарту GSM-1800. Деякі зразки телефонів (Nokia, Ericsson, Philips) по інтенсивності випромінювання ($75 - 136 \text{ мкВт/см}^2$) значно перевищують гранично допустимий рівень, оскільки згідно з санітарними нормами він становить в Україні

2,5 мкВт/см². Тобто випромінювана потужність на 1 см² поверхні більша допустимого значення для населення в 30 – 55 раз.

Небезпеку для користувачів ПЕОМ і ВДТ створює електромагнітне випромінювання монітора в діапазоні частот 20 Гц – 300 МГц (НЧ, ВЧ, УВЧ).

Комп'ютери із рідкокристалічними екранами містять одразу два джерела ЕМВ: монітор та системний блок.

Вважають, що комп'ютери надають перевищення ГДР в 5 – 500 разів (за Шведськими стандартами), якщо вимірювання проводити в Тл (1-100 мкТл). 1 Тл (тесла) – магнітна індукція такого однорідного магнітного поля, яке діє з силою 1Н (ньютон) на кожен метр довжини прямолінійного провідника, розташованого перпендикулярно напрямку вектору індукції поля, якщо по цьому провіднику тече струм 1А (ампер). Захист від шкідливої дії ЕМВ включає: контроль за відповідністю стандартам; заземлення комп'ютера, захисного фільтра, зниження часу безперервної роботи за комп'ютером.

Ноутбук – потужність ЕМВ – 2 мВт/м² – 16 мВт/м². Але гарно відомий факт, що теплова дія ЕМВ РЧ-діапазону починається при 10 мВт/м², що недопустимо в українських нормативах, де виключають теплову дію опромінення. Радіус дії також залежить від потужності, матеріалів, з яких виготовлений ноутбук. У кращому випадку у 12-ти дюймового ноутбука він складає 40 см. У ЖК дисплеїв останніх поколінь ЕМВ набагато нижче, ніж у старих моделей.

ЕМВ, які випромінює монітор, складаються з широкого діапазону частот. У відповідності до стандартів, ЕМВ вимірюють в діапазоні частот від 5 Гц до 400 кГц. Вимірюється щільність магнітного потоку в діапазоні частот 5 Гц - 2 кГц (діапазон І) – 200-5000 нТл; в діапазоні 2 - 400 кГц (діапазон ІІ) – 10 – 1000 нТл. Напруженість вимірюваного електричного поля в діапазоні І і ІІ – 10 – 1000 В/м, 1 – 100 В/м відповідно.

Вперше Wi-Fi з'явився ще в 1991 році і використовувався в системах касового обслуговування. В наш час надання послуги бездротового підключення до мережі Інтернет за допомогою Wi-Fi стало де-факто стандартом для громадських місць та закладів.

Переваги Wi-Fi перед кабельними мережами очевидні: відсутність прив'язки до мережевих розеток; відсутність мережі дротів; легкість у налаштуванні і ремонті. Мережі Wi-Fi працюють у діапазоні 2,4 ГГц (дециметрові НВЧ). ГДР (Україна) для населення дорівнює 2,5 мкВт/см².

Основний недолік бездротових мереж – неможливість екранування користувача від електромагнітного випромінювання, створеного пристроєм-передатчиком.

Таким чином, все вищеперераховане є важливою передумовою для освоєння майбутніми фахівцями в галузі телекомунікацій методик гігієнічної оцінки принципів нормування та профілактики несприятливої дії ЕМВ-РЧ-діапазону на працівників.

2. Класифікація ЕМВ РЧ-діапазону

ЕМВ характеризується певною енергією, яка поширюється в просторі у вигляді електромагнітних хвиль. В залежності від частоти чи довжини хвилі (ці величини пов'язані між собою) електромагнітні хвилі відносять до різних діапазонів.

ЕМВ РЧ-діапазону відноситься до спектру неіонізуючих випромінювань, поряд з інфрачервоним, видимим світлом та ультрафіолетовим випромінюваннями. Електромагнітні хвилі з найменшою частотою (або найбільшою довжиною хвилі) належать до радіодіапазону (рис.1). Радіодіапазон розподіляється на метровий, дециметровий, сантиметровий, міліметровий та ін. у залежності від довжини електромагнітної хвилі.

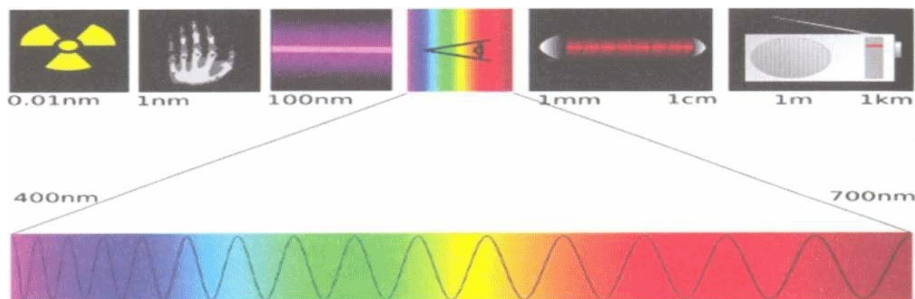


Рисунок 1 – Діапазони хвиль

Таблиця 1

Номенклатура діапазонів частот (хвиль)

| Номер діапазону | Діапазон частот | Діапазон хвиль | Відповідний метричний розподіл діапазонів |
|-----------------|---------------------|------------------------|--|
| 1 | 0,003 – 0,3 Гц | 10^7 км – 10^6 км | Інфранизькі (ІНЧ) |
| 2 | 0,3 – 3 Гц | 10^6 км – 10^4 км | Низькі частоти (НЧ) |
| 3 | 3 – 300 Гц | 10^4 км – 100 км | Промислові |
| 4 | 300 Гц – 30 кГц | 100 км – 10 км | Звукові, міріаметрові |
| 5 | Від 30 до 300 кГц | Від 10^4 до 10^3 м | Кілометрові хвилі (довгі хвилі) (низькі частоти, НЧ) |
| 6 | Від 300 до 3000 кГц | Від 10^3 до 10^2 м | Гектометрові хвилі (середні хвилі) (середні частоти, СЧ) |
| 7 | Від 3 до 30 МГц | Від 10^2 до 10 м | Декаметрові хвилі (короткі хвилі) (високі частоти, ВЧ) |
| 8 | Від 30 до 300 МГц | Від 10 до 1 м | Метрові хвилі (дуже високі частоти, ДВЧ) |
| 9 | Від 300 до 3000 МГц | Від 1 до 0.1 м | Дециметрові хвилі (ультрависокі частоти, УВЧ) |
| 10 | Від 3 до 30 ГГц | Від 10 до 1 см | Сантиметрові хвилі (надвисокі частоти, НВЧ) |
| 11 | Від 30 до 300 ГГц | Від 1 до 0.1 см | Міліметрові хвилі (надзвичайно високі частоти, НЗВЧ) |
| 12 | 300 – 3000 ГГц | 1 мм – 0,1 мм | Дециміліметровий (ГВЧ – гіпервисокі частоти) |

Приклади застосування ЕМВ РЧ-діапазону: діапазон №1, №2 – зв'язок з підводними човнами, геофізичні дослідження. Діапазон №3, №4 застосовується в дальньому радіозв'язку, моніторі, ПЕОМ і ВДТ, №5 – в радіомовленні, ПЕОМ і ВДТ, №6 – радіомовленні, мобільному зв'язку, радіонавігації, ПЕОМ і ВДТ, №7 – радіомовленні, мобільному зв'язку, ПЕОМ і ВДТ, любительському зв'язку (27

МГц). №8 – радіомовлення, телевізійне мовлення, мобільний радіозв'язок, ПЕОМ і ВДТ; №9 – телебачення, космічний радіозв'язок і радіонавігація, мобільний зв'язок, радіолокація, медицина (УВЧ-терапія), Wi-Fi; №10 – космічний радіозв'язок і радіолокація, радіоастрономія, мобільний зв'язок; №11 – космічний радіозв'язок, радіолокація, радіоастрономія; №12 – медицина (експериментальна «терагерцова камера», яка реєструє зображення в довгохвильовому ІЧВ, яке випромінюється теплокровними організмами, але, на відміну від більш короткохвильового ІЧВ, не затримується діелектричними матеріалами).

3. Характеристика та види несприятливої дії ЕМВ РЧ-діапазону

Хвилі в різних діапазонах різним чином взаємодіють із фізичними тілами. Дія ЕМВ РЧ-діапазону на організм людини залежить від поглинутої енергії. Частина випромінювання, що падає на людину, поглинається, а частина – відбивається. Процес поглинання залежить від довжини хвилі:

*хвилі метрового діапазону – поглинаються всім тілом;

*хвилі дециметрового діапазону – поглинаються внутрішніми органами (на глибину 9-11 см);

*хвилі сантиметрового діапазону – поглинаються шкірою і підшкірною клітчаткою (на глибину 3,5 см, коефіцієнт відображення 75°);

*хвилі міліметрового діапазону – поглинаються поверхневими шарами шкіри (0,2 – 0,6 мм).

Поглинута енергія ЕМВ РЧ-діапазону переходить в теплову енергію, поляризує тканини тіла, переміщує іони, поляризує бокові ланцюжки макромолекул і орієнтує їх паралельно напруженості електричного поля хвилі; резонансно поглинаються макромолекулами і біологічними структурами.

Вважають, що при частоті 30МГц – 10 ГГц тіло як би втягує в себе поле, і поглинає енергії більше, ніж її приходить на його поперечний переріз. Виявляються інтерференційні явища.

Радіохвильове ЕМВ з довжиною хвилі у 35 м більше затримується у жировій тканині, а з довжиною хвилі у 11 м – в тканині головного мозку.

Результати експериментальних досліджень на тваринах свідчать, що з підвищенням частоти коливання електромагнітних хвиль несприятливий вплив ЕМВ посилюється: високі (ВЧ) і надвисокі (СВЧ) частоти викликають більший біологічний ефект, ніж низькі. Встановлено, що електромагнітні хвилі міліметрового діапазону майже повністю поглинаються шкірою і діють на її рецептори; сантиметрового і дециметрового - майже не поглинаються шкірою, а проникають глибше і можуть впливати безпосередньо на структури тканини, особливо мозку.

Експериментально доведено, що радіохвилі сантиметрового діапазону обумовлюють виражені біологічні ефекти у тварин, що супроводжуються підвищенням температури тіла, пригніченням центральної нервової системи, незворотними морфологічними змінами в органах, зниженням активності окисно-відновних ферментів, генетичними порушеннями, дефектами розвитку, почастищенням випадків загибелі. У хронічному експерименті на тваринах отримані дані, що свідчать про негативну дію ЕМВ середнечастотного діапазону при

напруженості 20-140 В/м, високочастотного діапазону - при напруженості 8-50 В/м, ультрависокочастотного діапазону - при напруженості 6-3 В/м і надвисокочастотного імпульсного переривчастого - при поверхневій щільності потоку енергії (ЩПЕ) 10-50 мкВт / см².

Зазначені рівні обумовлювали зміни в центральній нервовій системі (початкове збудження змінюється процесом гальмування), в серцево-судинній системі (зниження частоти серцевих скорочень, зміни на електрокардіограмі і артеріального тиску), порушення морфологічного складу крові (зменшення кількості лейкоцитів, ретикулоцитів, ацидофільних гранулоцитів), що супроводжується порушеннями функціонального стану ендокринної системи, обмінних процесів, дистрофічними процесами в тканинах мозку, печінки, селезінки, насінників.

На сьогодні виділяють дві форми дії електромагнітного випромінювання РЧ-діапазону на організм людини – це теплова та нетеплова.

Теплова дія спостерігається при відносно високих рівнях електромагнітного поля та пов'язана із перетворенням поглинутої електромагнітної енергії в теплову. Теплова дія ЕМВ РЧ-діапазону на людину характеризується релаксійними коливаннями і переміщенням іонів (електролітів), молекул води і білків (дипольних диелектриків) (рис. 2).

Теплова дія зводиться до того, що при кожній зміні напрямку ЕМП виникають релаксаційні коливання і переміщення іонів у тканинах організму, на які спрямоване ЕМВ, і це супроводжується виділенням теплоти та підвищенням температури тканин. Тобто, електромагнітна енергія в біологічному середовищі перетворюється в кінетичну енергію поглинальних молекул, що призводить до нагрівання тканин.

Найбільше нагріваються кров, лімфа, м'язи та паренхіматозні органи. Як правило, процеси терморегуляції в організмі розсіюють вироблене тепло, помітний нагрів тканин можливий за досить високого рівня напруженості електромагнітного поля або при поганій функції системи терморегуляції в тканинах, які погано омиваються кров'ю (наприклад – виникнення катаракти христалика ока).

Теплова дія починається, якщо ЕМВ інтенсивністю перевищує 10 мВт/см². Чому 10 мВт/см² вибране як порогове значення? В нормальних умовах тіло людини віддає в оточуюче середовище кількість теплоти, що відповідає тепловому потоку 10 мВт/см² поверхні. Це відповідає енерговитратам при легкій роботі.

Чітко виявлений тепловий ефект дециметрових і сантиметрових хвиль, коли температура підвищується під час опромінювання тканини. Так, при опромінюванні собак протягом 15 хвилин ЕМВ довжиною 1,5 м інтенсивністю 330 мВт/см² температура їх підвищувалась на 5°C, причому, 50% опромінених собак гинули.

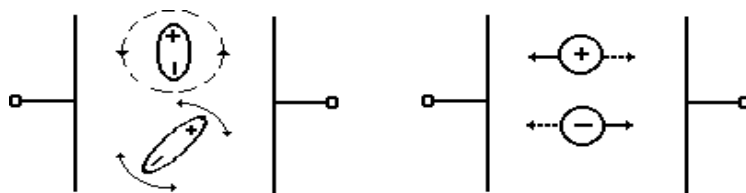


Рисунок 2. Механізм прогрівання різних середовищ струмами зміщення (ліва – дипольний диелектрик, справа – електроліт).

При інтенсивностях опромінювання 25 мВт/см^2 знаходиться в зоні опромінювання заборонено, а доза 100 мВт/см^2 – це найменше граничне значення інтенсивності опромінювання, яке здатне створити незворотні процеси в очах та насінниках людини.

Нетеплова (радіохвильова) дія - спостерігається при впливі малоінтенсивних рівнів електромагнітного поля і означає формування біологічного ефекту за рахунок енергії самого організму, зовнішній вплив дає лише поштовх, «інформацію» для розвитку реакції організму. Радіохвильова дія виникає при різних типах поляризацій клітин в ЕМВ РЧ-діапазону: електронній, орієнтаційній, об'ємній (рис. 3). Можемо припустити, що при цьому змінюється функціональна активність рецепторного апарату на цитологічних мембранах, метаболічні процеси на ультраструктурному рівні, зміни в мітотичній активності клітин, зміни в ступеню прикріплення хромосомного апарату до ядерних мембран.

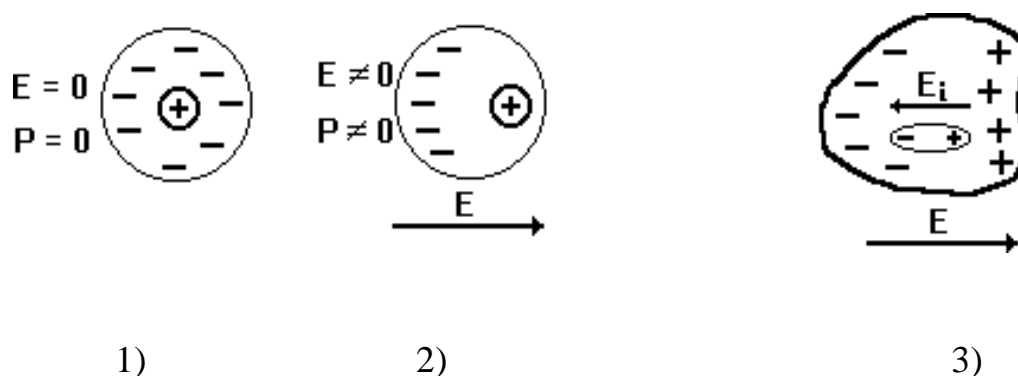


Рисунок 3. Типи поляризацій клітин в ЕМВ РЧ-діапазону (1- електронний, 2-орієнтаційний, 3- об'ємний).

Дослідження свідчать, що найбільш активними в біологічному плані є хвилі НВЧ-, потім УВЧ-діапазону, найменш активними – ВЧ-діапазону.

Вивченням питань впливу електромагнітних випромінювань на здоров'я людини займається велика кількість державних і недержавних науково- дослідних установ, а також міжнародні організації, основні з яких - Всесвітня організація охорони здоров'я (ВООЗ) та Міжнародний комітет із неіонізуючого випромінювання. Протягом останніх 15 років ВООЗ проводяться дослідження щодо потенційного взаємозв'язку між роботою радіочастотних передавачів та виникненням раку. Проте, у результаті цих досліджень не було отримано статистично значимих фактичних даних.

Стільниковий телефон є малогабаритним приймачем-передатчиком. В залежності від стандарту телефону, передача ведеться в діапазоні частот $453 - 1800 \text{ МГц}$ (НВЧ, дм- рові). Потужність випромінювання є величиною змінною, в значній мірі залежить від стану каналу зв'язку «мобільний телефон – базова станція», тобто чим вище рівень сигналу базової станції в місці прийому, тим менше потужність випромінювання стільникового телефону. Максимальна потужність знаходиться в межах $0,125 - 1 \text{ Вт}$. Найбільшою вихідною потужністю характеризуються телефони стандарту NMT-450 (номінальна потужність близько 1 Вт), меншої – GSM-900 ($0,25 \text{ Вт}$) і найменшого – стандарту GSM-1800 ($0,125 \text{ Вт}$).

Основними симптомами несприятливої дії стільникового телефону на стан здоров'я є: головні болі; порушення пам'яті і концентрації уваги; нев'яуча втома; депресивні захворювання (довготривалі розмови викликають психічні розлади); біль і різь в очах, сухість їх слизової; прогресивне погіршення зору; лабільність артеріального тиску і пульсу (показано, що після розмови по мобільному телефону артеріальний тиск може підвищуватися на 5 - 10 мм рт. ст.).

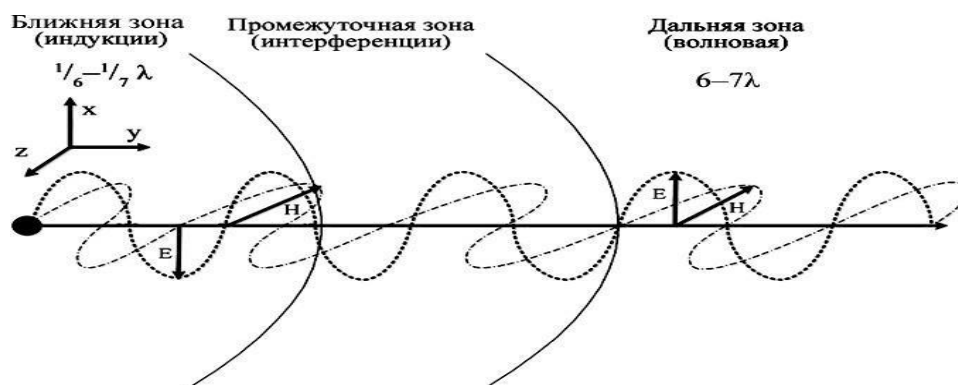
Радіохвильова дія ЕМВ невеликої (нижче теплової) інтенсивності реалізується переважно через рефлекторну дію на центральну нервову систему, порушення функцій рецепторного апарату. Найбільш чутливим до впливу радіохвиль є гіпоталамус - головний підкорковий центр інтеграції вегетативних функцій. Встановлено, що парасимпатична частина вегетативної нервової системи більш чутлива до дії радіохвильового випромінювання, ніж симпатична. В зв'язку з порушенням вегетативної нервової системи з'являються й порушення функцій серцево-судинної системи.

Треба довести, що результат біологічної дії ЕМВ РЧ-діапазону залежить від інтенсивності (густина) ЕМВ, частоти випромінювання, тривалості опромінення організму, модуляції сигналу, періодичності дії, поєднання частот та ін.

Що стосується професійної захворюваності, то при обстеженні великого контингенту працівників встановлено: збільшення скарг на погіршення здоров'я зростає із збільшенням професійного стажу. Ураження організму можуть бути як гострими, так і хронічними, характеризуються симптоматикою астенічного або астено-вегетативного синдрому. Характерні психоневрологічні прояви у вигляді головного болю, підвищеної стомлюваності, слабкості, порушення сну, підвищеної дратівливості, послаблення пам'яті та уваги. При тривалому впливі НВЧ - випромінювань можуть мати місце зміни в крові, трофічні захворювання (випадання волосся, схуднення, ламкість нігтів) і ін.

4. Одиниці вимірювання, прилади для моніторингу та нормування ЕМВ РЧ-діапазону

Як було визначено вище, простір навколо джерела ЕМВ РЧ-діапазону умовно поділяють на ближню зону (зону індукції) та дальню зону (зону випромінювання). Для оцінки ЕМВ у цих зонах використовують різні підходи.



В ближній зоні електромагнітна хвиля ще не сформована, тому інтенсивність ЕМП оцінюється окремо напруженістю магнітної та електричної складових поля. В

ближній зоні, зазвичай, знаходяться робочі місця з джерелами електромагнітних випромінювань НЧ та ВЧ. Постійні магнітні поля, а також змінні ЕМП на частоті 50 Гц вимірюються за магнітною (H, А/м) та електричною (E, В/м) складовими ЕМП.

Змінне ЕМП являє собою сукупність магнітного та електричного полів і поширюється в просторі у вигляді електромагнітних хвиль, щільність потоку енергії (ЩПЕ) або густина потоку енергії (ГПЕ) яких вимірюється у Вт/м². Робочі місця, на яких знаходяться джерела електромагнітних випромінювань з довжиною хвилі меншою ніж 1 м (УВЧ, НВЧ, НЗВЧ) знаходяться практично завжди у дальній зоні, у якій електромагнітна хвиля вже сформувалася. Тобто, ГПЕ – густина потоку енергії (щільність потоку енергії) – це векторна фізична величина (W), яка характеризується кількістю енергії, що протікає за одиницю часу через одиницю площі, орієнтовано перпендикулярно до спрямованості потоку, вимірюється у Вт/м², мВт/см², мкВт/см².

Гігієнічна оцінка ЕМП полягає **в вимірі або розрахунку** (при прогнозуванні) очікуваних рівнів енергетичних характеристик поля: напруженостей електричної E, В/м, і магнітної H, А/м, складових в діапазонах високих (30 кГц - 30 МГц) і ультрависоких (30 - 300 МГц) частот і щільності потоку енергії (ЩПЕ) або густини потоку енергії (ГПЕ) у Вт/м² (мкВт/см²), в діапазоні частот (300 МГц - 300 ГГц) і **порівнянні** їх фактичних значень на робочих місцях (в робочій зоні) або на території житлової забудови з **гранично допустимими Егдр, Нгдр, ГПЕгдр** в залежності від тривалості впливу.

З цього складається оцінка небезпечності та шкідливості ЕМВ РЧ-діапазону на виробництві або в зоні населених пунктів, яка дозволяє визначити необхідність проведення профілактичних заходів проти їх шкідливого впливання на організм людей і застосування заходів та засобів захисту. Прилади щодо виміру ЕМП РЧ-діапазону показані в таблиці 2.

З метою захисту здоров'я населення України від впливу електромагнітних випромінювань наказом Міністерства охорони здоров'я України №239 від 01.08.96р. були розроблені та затверджені «Державні санітарні норми і правила захисту населення від впливу електромагнітних випромінювань» та «Державні санітарні норми і правила при роботі з джерелами електромагнітних полів», наказ МОЗ України №476 від 18.12.2002р. (ДержСанПін 3.3.6.096-2002). Нормативні значення ЕМВ РЧ-діапазону відображені в ДержСанПін 3.3.2.007-98 при роботі з візуальними дисплейними терміналами електронно-обчислювальних машин, в міждержавних стандартах «Электромагнитные поля радиочастот. Допустимые уровни на рабочих местах и требования к проведению контроля» ССБТ ГОСТ 12.1.006-84.

Зазначені Санітарні норми разом із методичними вказівками до них дозволяють **суворо регламентувати** умови розміщення та експлуатації базових станцій мобільного стільникового зв'язку і тим самим забезпечити **належний** захист здоров'я мешканців та персоналу від впливу електромагнітних полів, що виникають у навколишньому середовищі або на робочому місці.

Відповідно до Санітарних норм, рівні електромагнітного поля, що створюються базовими станціями мобільного стільникового зв'язку на території, призначеній для забудови, у приміщеннях житлових і громадських будинків, лікувально-профілактичних, оздоровчих, дитячих дошкільних і шкільних закладів, у будинках інвалідів і людей похилого віку, зонах відпочинку, на дитячих і спортивних

майданчиках тощо не повинні перевищувати гранично допустимий рівень (ГДР) – 2,5 мкВт/см².

Таблиця 2

Перелік приладів, рекомендованих для вимірювання рівнів ЕМП радіочастотного діапазону

| № пп | Найменування, тип частот параметр | Призначення | Робочий діапазон | Вимірювані | Межі вимірювання |
|------|--|---|--|----------------------------------|--|
| 1 | Вимірювальний прилад напруженості ближнього поля №FM-1 (ФРН) | Широкосмувне вимірювання електричних і магнітних високочастотних полів на робочих місцях і розподілу поля передавальних антен у ближній зоні. | За Е: 50Гц | Напруженість | 2: 40 кВ/м |
| | | Вимірювання електричного поля промислової частоти 50 Гц | 60 кГц: 350 МГц За Н: 100 кГц :10 МГц | Напруженість | 2: 2500 В/м 1:10 А/м |
| 2 | Вимірювач густини потоку енергії ПЗ-9 (Росія) | Вимірювання густини потоку енергії неперервних та середніх значень імпульсно-модульованих випромінювань | 0.3: 37.5 ГГц | ГПЕ | 0.3 мкВт/см ² :16.7 мВт/см ² |
| 3 | Вимірювач напруженості поля ПЗ-15, -16, -17, -21, (Росія) | Вимірювання середньоквадратичного значення напруженості електричної і магнітної складових неперервних та імпульсних ЕМП у ближній зоні потужних джерел випромінювання | За Е: 10 кГц: 300 МГц За Н: 10 кГц: 30МГц | Напруженість Напруженість | 1:1000 В/м (ПЗ-16) 1:3000 В/м (ПЗ-15, -17) 0.5:16 А/м (ПЗ-16) 0.5:500 А/м (ПЗ-15, -17) |
| 4 | Вимірювач густини потоку енергії ПЗ-18, -19, -20, (Росія) | Вимірювання середніх значень густини потоку енергії ЕМП у дальній зоні джерел ДВЧ-випромінювань та на робочих місцях | 0.3: 39.65 ГГц | ГПЕ | 0.32 мкВт/см ² :10.0 мВт/см ² (ПЗ-18) 0.32 мкВт/см ² :100.0 мВт/см ² (ПЗ-19, -20) |

| | | | | | |
|----|--------------------------------------|--|--------------|--------------|------------------------------|
| 5 | Вимірювальний комплект FSM-6 (ФРН) | Вимірювання напруженості радіоперешкод та корисних випромінювань ЕМП | 0.1:30 МГц | Напруженість | 1:10 ⁶ мкВ/м |
| 6 | Вимірювальний комплект FSM-8 (ФРН) | - | 30:1000 МГц | Напруженість | 1:5x10 ⁶ мкВ/м |
| 7 | Вимірювальний комплект FSM-8.5 (ФРН) | - | 26:1000 МГц | Напруженість | 1:10x10 ⁶ мкВ/м |
| 8 | Вимірювальний комплект FSM-11 (ФРН) | - | 0.009:30 МГц | Напруженість | 1:10x10 ⁶ мкВ/м |
| 9 | Вимірювальний комплект BSM-301 (ФРН) | Вимірювання напруженості електричної та магнітної складових радіоперешкод та корисних випромінювань ЕМП визначення діаграм спрямованості випромінюючих антен | 0.15:30 МГц | Напруженість | 1:3x10 ⁶ мкВ/м |
| 10 | Вимірювальний комплект BSM-401 (ФРН) | - | 26:300 МГц | Напруженість | 30:4.5x10 ⁶ мкВ/м |

Слід зазначити, що вказаний рівень набагато жорсткіший, ніж норми, встановлені іншими країнами Європи та Америки.

Гранично допустимі рівні електромагнітного випромінювання в різних країнах (для населення) подані в табл. 3.

Таблиця 3

ГДР ЕМВ РЧ-діапазону в різних країнах для населення

| Країна | ГДР електромагнітного випромінювання |
|--------------------|--------------------------------------|
| Росія | 10 мкВт/см ² |
| Білорусь | 10 мкВт/см ² |
| Угорщина | 10 мкВт/см ² |
| Країни Скандинавії | 100 мкВт/см ² |

Згідно з новими нормативами (Наказ МОЗ 2017р. Для впровадження 4G) від антен базових станцій стільникового зв'язку для населення в діапазоні НВЧ (дм-рового) змінена ГДР з 2,5 до 10 мкВт/см². В діапазоні дм-рових та см-рових хвиль (0,3 – 30 ГГц) встановлено 10 мкВт/см². Опромінення користувачів радіотелефонів –

10 мкВт/см². Wi-Fi – 3 В/м та 2,5 мкВт/см².

Згідно з російськими санітарними правилами, взагалі не потрібно узгоджувати з держсанепідслужбою встановлення та введення в експлуатацію РТО з ефективною потужністю випромінювання до 10 Вт в діапазоні частот 30 МГц – 300 ГГц (діапазон частот, у якому працюють базові станції стільникового зв'язку) за умови розташування антени ззовні будівлі. В Україні ж встановлення будь-якого РТО, який випромінює в навколишнє середовище електромагнітну енергію, повинно погоджуватися з державною санітарно-епідеміологічною службою.

ГДР- гранично-допустимі рівні (для працівників) – це напруженість ЕМП на робочому місці, яка при щоденній роботі не викликає у працівників захворювань або відхилень у стані здоров'я, що виявляють сучасні методи дослідження, в процесі професійної діяльності або у віддаленні строки. В таблиці 4 показані ГДР ЕМП за ГОСТ 12.1.006-84 на робочому місці.

Таблиця 4

Допустимі рівні Е, Н та ГПЕ ЕМП на робочому місці

| Діапазон частот | ГДР ЕМП | | |
|-------------------|-----------------------------------|---------------------------------|------------------------|
| | За електричним складником, Е, В/м | За магнітним складником, Н, А/м | ГПЕ, Вт/м ² |
| 60 кГц – 3 МГц | 50 | 5 | |
| 3 – 30 МГц | 20 | 0,3 | |
| 30 – 50 МГц | 10 | | |
| 50 – 300 МГц | 5 | | |
| 300 МГц – 300 ГГц | | | 0,1* та 10** |

Примітка: * (протягом усього робочого дня); ** (не більше 15 хвилин за умови обов'язкового користування захисними окулярами).

Треба додати, що ГДР на робочих місцях розраховується на 50 років професійного стажу людини, а ГДР для мешканців населених місць – на 70 років середньої тривалості життя, з врахуванням стану здоров'я та вікових категорій.

Для оцінки шкідливості та небезпечності робіт необхідно враховувати й час експозиції, тобто ввести ще поняття енергетичного навантаження на організм людини. **Енергетичне навантаження (ЕН)**- це добуток квадрата потужності електричної (Е) або магнітної (Н) енергії та часу опромінювання людини. Вимірюється у (В/м)²·годину або у (А/м)²·годину. У діапазоні 300 МГц – 300ГГц – енергетичне навантаження дорівнює добутку ГПЕ на час дії (опромінювання). Вимірюється у (мкВт/см²)·годину. Нормативи ЕН надані в таблиці 5.

Таблиця 5.

Гранично допустимі значення енергетичного навантаження (ЕН)

| Параметр | Частота, МГц | | |
|---|---|--------|----------|
| | 0,03 – 3,0 | 3 - 30 | 30 - 300 |
| ЕН _{гдр Е} (В/м) ² ·год | 20000 | 7000 | 800 |
| ЕН _{гдр Н} (А/м) ² ·год | 200 | | |
| ЕН _{гдр гпе} | Частота, 300 МГц – 300 ГГц | | |
| | 2 Вт·год/м ² (200 мкВт·год/см ²) | | |

5. Професійна захворюваність та принципи захисту персоналу

Відповідно до Постанови Кабінету Міністрів України від 8 листопада 2000 р., №1662 (м. Київ) «Про затвердження переліку професійних захворювань» до захворювань, що зумовлені впливом електромагнітного випромінювання радіохвиль відносяться: вегетативна дисфункція, астеничний синдром, астено-вегетативний синдром, гіпоталамічний синдром.

На перший план виступають порушення функцій нервової і серцево-судинної систем. Активується система гіпоталамус – гіпофіз – надниркові залози (підвищується адренкортикотропна активність гіпофіза і, як наслідок, підвищується синтез та секреція кортикостероїдів). Далі пригнічується активність статевих залоз, виникає ензимопатія, розвивається нейроциркуляторна дистонія за гіпер- або гіпотензивним типом, змінюється імунобіологічна реакція організму, пригнічується еритроцитопоез, спостерігаються трофічні розлади.

Зміни з боку центральної нервової системи *при астеничному синдромі*: хворі скаржаться на підвищену втомлюваність, дратівливість, головний біль без чіткої локалізації, порушення сну, неприємні відчуття в області серця, пітливість. З боку серцево-судинної системи може бути артеріальна гіпотензія чи брадикардія. У разі приєднання ваготонічних ознак зростає загальна слабкість, з подальшим зниженням працездатності, пам'яті й уваги. Запамарочення та стійка артеріальна гіпотензія з брадикардією призводять до розвитку непритомних станів у працівників.

Далі в клінічній симптоматиці має місце зміна напрямку вегетативних реакцій з поступовим переходом артеріальної гіпотензії та брадикардії в стан, що характеризується лабільністю артеріального тиску і пульсу, в нейроциркуляторну дистонію гіпертонічного типу. При обстеженні у таких хворих виявляються підвищення рефлексів, тремор пальців і вік, загальний гіпергідроз, яскраво-червоний дермографізм.

В окремих випадках, в разі тривалого впливу радіохвиль (НВЧ-діапазону) можливий розвиток *гіпоталамічного синдрому*, коли у хворого з'являються приступоподібний інтенсивний головний біль, запамарочення, загальна слабкість, кардіалгія, тахікардія, артеріальна гіпертензія, підвищується температура тіла, турбують нав'язливі думки про загрозу смерті. На цьому фоні можлива поява розсіяної органічної симптоматики, що свідчить про розвиток дисциркуляторної енцефалопатії (з психічними порушеннями, ослабленням пам'яті, депресією, іпохондричним станом).

Хронічна форма патологічного впливу ЕМВ РЧ-діапазону виникає внаслідок тривалого впливу ЕМВ. На перший план виступають порушення функцій нервової і серцево-судинної систем. Можливий розвиток порушень травної системи і дистрофічних змін кришталика. В крові – підвищення лімфоцитів, еозинофілів, моноцитів та зниження тромбоцитів та еритроцитів (з підвищенням ретикулоцитів). В крові також багато загального білка (за рахунок рівня глобулінів), гістаміну, холестерину, зниження калій/кальцієвого коефіцієнту та хлоридів. Нерідко виявляють ендокринні порушення (активація адренкортикотропного гормону гіпофіза, зниження активності статевих залоз, підвищення функціональної активності щитовидної залози, порушується робота підшлункової залози),

ензімопатії, спостерігаються трофічні розлади (схуднення, випадіння волосся, ламкість нігтів), наявність катаракти.

Реакція-відповідь організму в цьому випадку полягає в адаптаційній перебудові нервової і серцево-судинної систем, в розвитку кумулятивного ефекту при збільшенні стажу роботи (не менше 10-15 років).

Гостра форма патологічного впливу ЕМВ – виникає під час аварій або грубому порушенні техніки безпеки, при значному перевищенні ГДР. В осіб з'являється підвищення температури тіла на 1 – 2°C, загальна слабкість, нездужання, біль у кінцівках, м'язах, головний біль, спрага, задишка, почервоніння обличчя, пітливість, лабільність пульсу і артеріального тиску, носові кровотечі, в крові – підвищення лейкоцитів.

Основні принципи захисту персоналу від ЕМВ РЧ-діапазону:

- 1) Захист кількістю (інтенсивністю) – неперевикнення ГДР, ЕН.**
- 2) Захист часом.**
- 3) Захист екрануванням (поглинальні та відбиваючі екрани).**
- 4) Захист відстанню.**

Захист кількістю надають нам гранично-допустимі значення енергетичного навантаження (таблиця 5).

Наприклад, необхідно оцінити з точки зору умов праці з ЕМВ частотою 500 МГц, якщо ГПЕ, яка виміряна на робочому місці регулювальника радіоапаратури, дорівнює 0,9 Вт/м², а час, протягом якого регулювальник піддається опроміненню, становить за зміну 3 години. Встановлюємо ГДР_{гпе} за нормою енергетичного навантаження: 2 Вт·год/м² / 3 год = 0,67 Вт/м². Порівнюємо: Фактичний ГПЕ/ ГДР_{гпе} = 0,9/0,67 = 1,35 разів перевищує норматив. В таких умовах працювати не можна.

Приклад оцінки безпечності праці з двома джерелами ЕМВ РЧ-діапазону:

Оцінити умови праці регулювальника радіоапаратури по електромагнітному фактору, якщо відомо, що в своїй роботі він використовує генератор НВЧ ($\lambda = 3$ см) і ПЕОМ. Виміряні значення випромінюваної потужності відкритого виходу на відстані 30 см складають 0,45 Вт, а напруженість електричної складової від рядкового генератора дисплея ($f = 32$ кГц) дорівнює 40 В/м. Сумарна тривалість перебування регулювальника за роботою протягом робочого дня не перевищує 6 год.

Рішення

За умовами задачі працівник піддається випромінюванню ЕМП з різними нормованими параметрами, то його безпека визначається по критерію:

$$([E_{E1}/E_{E2dp1}] + [E_{ГПЕ1}/E_{ГПЕ2dp1}]) \leq 1.$$

Розрахунок енергетичного навантаження (ЕН) за електричною складовою від першого джерела виглядає так:

$$(40)^2 * 6 = 9600 \text{ (В/м)}^2 * \text{год}.$$

E_{E2dp} знаходимо по табл.б, воно дорівнює 20000 (В/м)²*год. Тобто відношення фактичного і граничного навантаження $[E_{E1}/ E_{E2dp1}]^2$ буде дорівнювати:

$$9600/20000 = 0,48.$$

Розрахунок енергетичного навантаження за густиною потоку енергії від другого джерела випромінювання виглядає так:

$E_{H_{ГПЕ2ддр}}$ – встановлене (табл.6) як $2 \text{ Вт} \cdot \text{год}/\text{м}^2$, а фактичне навантаження на робочому місці – треба знайти по формулі (з табл.5):

$$ГПЕ_{фактичне} = P / 4 \pi r^2 = 0,45 / 4 \cdot 3,14 \cdot 0,3^2 = 0,4 \text{ Вт}/\text{м}^2.$$

$$E_{H_{ГПЕ2фактичне}} = ГПЕ \cdot T / K = 0,4 \cdot 6 / 1 = 2,4 \text{ Вт} \cdot \text{год}/\text{м}^2.$$

Далі співвідношення енергетичного навантаження фактичного і граничного від другого джерела $E_{H_{ГПЕ2}} / E_{H_{ГПЕ2ддр2}}$ буде дорівнювати:

$$2,4 / 2 = 1,2.$$

Таким чином, загальний критерій оцінки енергетичного навантаження на даному робочому місці та в даних умовах опромінення дорівнює:

$$(E_{H_{ГПЕ}} / E_{H_{ГПЕ2ддр}}) + (E_{H_E} / E_{H_{E2ддр}}) = 0,48 + 1,2 = 1,68, \text{ що не відповідає умовам безпеки праці } (\leq 1).$$

Тобто, при розміщенні в одному приміщенні декількох установок треба унеможливити перевищення ГДР при сумарній енергії.

Гранично допустимі величини ЕМВ, в залежності від тривалості робіт (часу у діапазоні частот 300 МГц - 300 ГГц слід визначати за формулою:

$$W_{ддр} = K \cdot \frac{E_{H_{W_{ддр}}}}{T},$$

де $W_{ддр}$ - гранично допустима величина щільності (густини) потоку енергії, Вт/кв. м (мВт/кв.см, мкВт/кв.см);

$E_{H_{W_{ддр}}}$ - гранично допустима величина енергетичного навантаження становить $2 \text{ Вт} \cdot \text{год}/\text{кв.м}$ ($200 \text{ мкВт} \cdot \text{год}/\text{кв.см}$);

K - коефіцієнт ослаблення біологічної ефективності дорівнює:

1 - для всіх випадків впливу, виключаючи опромінення від антен, що обертаються і сканують;

10 - для випадків опромінення від антен, що обертаються і сканують, з частотою не більше 1 Гц і шпаруватістю не менше 50;

T - час перебування в зоні опромінювання за робочу зміну, години.

Захист часом. Якщо ми маємо велику густину потоку енергії радіохвильового опромінювання при роботі, то встановлюємо час безпечної роботи (за таблицею 6).

Таблиця 6

ГДР густини потоку енергії (W) залежно від тривалості дії ЕМВ

| | | | | | | | | | | | |
|-------------------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|------------|------------|------------|-------------|-------------|
| T, год | 8 | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 0,5 | 0,25 | 0,2 |
| W, мкВт/см² | 25 | 29 | 33 | 40 | 50 | 67 | 100 | 200 | 400 | 800 | 1000 |

Встановлення раціональних режимів праці відноситься до організаційних

заходів. **Організаційні заходи** включають в себе: вимоги до персоналу (вік, медичний огляд, навчання, інструктаж), вибір раціонального розміщення в робочому приміщенні обладнання, що випромінює ЕМ енергію, та робочих місць; встановлення раціональних режимів роботи устаткування та обслуговуючого персоналу; обмеження роботи обладнання в часі (наприклад, за рахунок скорочення часу на проведення налагоджувальних і ремонтних робіт); захист відстанню (видалення робочого місця від джерела ЕМП, коли є можливість використовувати дистанційне керування обладнанням); застосування попереджаючих засобів сигналізації (світлової, звукової) і ін.

Захист екрануванням. Екрани виготовляють з металевих листів або сітки у вигляді замкнутих камер, шаф або кожухів. Екранування робочих місць застосовують у випадках, коли неможливо здійснити екранування апаратури. Екранування системних блоків – сітчасті екрани.

Товщина екрана, виготовленого з суцільного алюмінію в см, розраховується за формулою:

$B = 0,63 (\lg E / \sqrt{f})$, де E – задане ослаблення інтенсивності випромінювання ЕМП; f – частота випромінювання, Гц.

При екрануванні використовують такі явища як поглинання енергії ЕМВ матеріалом екрана та її відбиток від поверхні екрана. Поглинання ЕМП обумовлено тепловими затратами в товщині матеріалу за рахунок індукційних струмів та залежить від електромагнітних властивостей матеріалу екрану (електричної провідності, магнітної проникності і ін.). Відображення обумовлюється невідповідністю електромагнітних властивостей повітря (або іншого середовища, в якій поширюється електромагнітна енергія) і матеріалу екрана (головним чином, хвильових опорів). Для виготовлення екранів застосовують або тонкі металеві (сталь, алюміній, мідь, сплави) листи, або металеві сітки, так як метали, будучи хорошими провідниками, реалізують обидва явища, які використовуються при екрануванні. *Застосування металевих екранів дозволяє знизити ЕМ навантаження на 60%.*

Для локалізації ЕМП внутрішніх джерел застосовують електрогерметичні приміщення, апаратні та кабінки, що представлені замкнутими електромагнітними екранами. В таких приміщеннях екрануються стіни, стеля, підлога, віконні та дверні отвори і вентиляційні системи. Такі приміщення і системи можуть використовуватися і для захисту від зовнішніх полів. Для досягнення високої ефективності екранування рекомендується елементи конструкції зварювати безперервним швом. На більш низьких частотах сварка може бути замінена точковою або кріпленням аркушів гвинтами. По умов проникнення НВЧ при конструюванні екранів іноді виникає необхідність передбачати в них різного роду отвори (вентиляційні вікна, отвори для проводів живлення, ручок управління і т.п.), які не повинні порушувати ЕМ герметичність.

У радіочастотному діапазоні за принципом екранування працюють і **засоби індивідуального захисту** з використанням відбиття і поглинання ЕМВ. Для захисту тіла використовується одяг з металізованих тканин і радіопоглинаючих матеріалів. Металізовану тканину роблять із бавовняних ниток з розміщеним в середині них тонким проводом, або з бавовняних чи капронових ниток, спіралью обвитих

металевим дротом. Така тканина, наче металева сітка, і при відстані між нитками до 0,5 мм ослаблює випромінювання не менше як на 20 - 30 дБ. При зшиванні деталей захисного одягу треба забезпечити контакт ізольованих проводів. Тому електрогерметизацію швів здійснюють електропровідними масами чи клеями, які забезпечують гальванічний контакт або збільшують ємкісний зв'язок неконтактуючих проводів.

Взагалі, засоби індивідуального захисту необхідно використовувати лише тоді, коли інші захисні засоби неможливі чи недостатньо ефективні: при проходженні через зони опромінення підвищеної інтенсивності, при ремонтних і налагоджувальних роботах в аварійних ситуаціях, під час короткочасного контролю та при зміні інтенсивності опромінення.

Для захисту від ЕМВ при роботі в антенному полі або при аваріях рекомендовано використання засобів індивідуального захисту (**ЗІЗ**). Для захисту всього тіла застосовуються комбінезони, халати та капюшони. Їх виготовляють з трьох шарів тканини. Внутрішній і зовнішній шари роблять з бавовняної тканини (діагональ, ситець), а середній, захисний шар - з радіотехнічної тканини, що має провідну сітку. Для захисту очей використовують спеціальні радіозахисні окуляри зі скла, покритого напівпровідникових оловом. Ефективність таких окулярів становить 20-22 дБ. Сітчасті окуляри з металевою стрічкою знижують частоту появи катаракти.

Захист відстанню. Оцінити відстань населеного пункту від РЛС, якщо населений пункт знаходиться на відстані 100 м; потужність РЛС $P = 300$ Вт; коефіцієнт підсилення антени $D = 200$. Норма ГПЕ для населення 10 мкВт/см². Розрахуємо фактичну ГПЕ для населення від РЛС за формулою: $ГПЕ = (P \times D \times 10^6) / 4 \pi R^2 = 300 \times 200 \times 10^6 / 4 \times 3,14 \times 10^8 = 47,5$ мкВт/см². Для населення – це в 4,75 разів перевищує нормативне значення. Тому РЛС треба влаштовувати на іншій відстані за номограмами.

До порозуміння даного принципу захисту входять поняття *санітарної захисної зони (СЗЗ)* та *зони обмеження забудови*. Зоною обмеження забудови вважається територія, на якій на висоті понад 2 м від поверхні землі перевищуються ГДР. Зовнішня межа даної зони встановлюється відносно максимальної висоти будинків перспективної забудови, що є основою архітектурно-планувальних профілактичних заходів. Зони випромінювання з ГПЕ вище 10 Вт/м² (1000 мкВт/см²) позначаються спеціальними попереджувальними знаками. Службові приміщення на території об'єкта розміщують переважно в місцях, захищених від ЕМВ (“радіотінь”, “мертва зона”). Санітарною захисною зоною вважається територія, де на висоті до 2 м від поверхні землі не перевищуються гранично допустимі рівні ЕМВ (ця зона, зазвичай, прилягає до технічної території РТО, з урахуванням перспектив його розвитку). У межах СЗЗ забороняється: розташовувати житлові і громадські будівлі та споруди, майданчики для стоянки транспорту, підприємства, на яких використовується легкозаймисті рідини й газу та ін.

Конкретні архітектурно-планувальні та технічні заходи - захисту жилих забудов від ЕМП: використання лісонасаджень, насипів, естакад, височин і складок місцевості, створюють “затінення” від ЕМП; підйом антен і діаграм спрямованості над житловою територією; пристрій відбивних і поглинаючих екранів в безпосередній близькості від антен; відключення або зниження потужності

випромінювання; скорочення часу роботи джерела на випромінювання і ін. Розмір СЗЗ (санітарно-захисної зони) розраховується на стадії проектування в залежності від робочої частоти, потужності, типу та висоти антени, рел'єфу місцевості, призначення об'єкту. СЗЗ для телецентрів, ТВ ретрансляторів, РЛС кругового обзору та інших об'єктів направленої дії встановлюється по радіусу, тобто по колу. З метою раціонального використання території санітарної захисної зони вона представляється на зону "суворого режиму" і зону "обмеження".

Зона "суворого режиму" включає технічну територію об'єкта і частину прилеглої території. (Не допускається випромінювання однієї станції на іншу. Службові приміщення, в яких знаходиться апаратура і постійні робочі місця персоналу слід розміщувати під антеною (естакадами) або в безпосередній близькості від основи насипу, в межах відсутності сигналу. Повинні екрануватися звернені до джерела вікна й двері, а також дерев'яні стіни і дахи. Маршрут руху персоналу по території радіотехнічного об'єкту повинні бути прокладені таким чином, щоб вони не проходили в близькості антени РЛС).

Зона "обмеження" безпосередньо примикає до зони "суворого режиму". На її зовнішньому кордоні рівень ЕМ - енергії повинен бути в межах санітарних норм для населених місць. Необхідний винос за територію житлових районів потужних радіотехнічних об'єктів. Для захисту окремих будинків пропонується локальний захист: екранують пристосування, металізовані шпалери, шибки, штори, драпірування.

Конкретні технічні заходи захисту від ЕМП при роботі на радіополігонах та обслуговуванні РЛС. Рекомендовано використання різних типів поглиначів потужності, незамкнуті екрани (з поглинальними матеріалами) різної форми: щити, П - подібні та еластичні у вигляді штор, чохла. Дослідження РЛС повинні проводитися на спеціальних полігонах та повинні бути позначені спеціальними знаками.

У діапазонах частот 50 Гц, 1 кГц - 300 МГц (розробка, використання, випробування, експлуатація установок для термообробки матеріалів, засобів зв'язку, фізіотерапевтичної апаратури) захист персоналу здійснюється шляхом: *раціонального розміщення установок; екранування установок, окремих блоків* (генераторні шафи, конденсатори, погоджувальні високочастотні трансформатори, повітряні лінії передачі енергії, робочі елементи), *робочих місць*, а в разі проникнення електромагнітної енергії в приміщення з території антенних полів - екранування окремих частин будинків.

Екрани залежно від діапазону частот ЕМП виготовляються з алюмінію і алюмінієвих сплавів, міді і її сплавів, сталі, пермалою та ін. у вигляді листів або сітки. Розміри і конструкція екранів визначаються видом ЕМП, особливостями технологічного процесу, характеристиками блоку, який екранується, необхідною ефективністю екранування і допустимими витратами енергії в екрані. Екрани повинні мати добрий електричний контакт між частинами, що їх складають, надійне заземлення і електроблокування;

-використання коаксіальних ліній передачі енергії;

-поліпшення електричного контакту між окремими елементами (блоками) установок;

- віддалення робочих місць від джерел ЕМП і застосування у разі виробничої необхідності дистанційного керування установками;
- автоматизації окремих операцій виробничого процесу;
- усунення паразитних наводок і перевипромінювання енергії на фідерні лінії, електромережні проводи, опалювальні пристрої, водопровідні труби.

У діапазоні 0,3-300 ГГц при регулюванні, настроюванні і випробуванні радіотехнічної апаратури в приміщеннях захист працівників забезпечується шляхом:

- виключення або обмеження* в приміщеннях цехів роботи установок з випромінюванням на антену або відкритий хвилевід;
- екранування джерел* випромінювання на робочих місцях;
- застосування засобів індивідуального захисту*.

Виключення або обмеження випромінювання від антенних систем або відкритих хвилеводів забезпечується застосуванням:

- при налагодженні високочастотної апаратури - еквівалентних навантажень;
- при перевірці робіт приймальних, індикаторних, обчислювальних та систем керування - імітаторів мети;
- при обробці ліній передачі енергії і антенних пристроїв - хвилеводів з використанням антенно-хвилеводних трактів вимірювальних генераторів.

Випробування установок з випромінюванням на антену повинно проводитись на спеціальних полігонах. В окремих випадках допускається проведення суворо регламентованих за часом і місцем вибіркового випробувань у приміщеннях цехів за умови виключення опромінення персоналу за інтенсивності, яка перевищує гранично допустиму. У період роботи установок з випромінюванням на антену повинна діяти попереджувальна (звукова або світлова) сигналізація.

Екранування джерел випромінювання або робочих місць здійснюється за допомогою **відбивальних** екранів (стаціонарних або пересувних). Відбивальні екрани виготовляються з металевих листів, сітки, бавовняної металовмісної тканини та ін. У **поглинальних** екранах використовуються спеціальні матеріали, що забезпечують поглинання випромінювання відповідної довжини хвилі. Залежно від потужності випромінювання і взаємного розміщення джерела і робочих місць конструктивне вирішення екранів може бути різним (замкнута камера, щит, чохол, штора та ін).

При виготовленні екрана для джерела випромінювання у вигляді замкнутої камери вводи хвилеводів, коаксіальних фідерів, води, повітря, виводи ручок керування елементів настроювання не повинні порушувати екранувальних властивостей камери.

Екранування оглядових вікон, прикладних панелей проводиться за допомогою радіозахисного скла. Для зменшення просочування електромагнітної енергії крізь вентиляційні жалюзі останні екрануються металевою сіткою або виконуються у вигляді кінцевих хвилеводів.

На кожний засіб захисту повинна бути складена технічна документація з відміткою про призначення та діапазон частот, який цей засіб захисту може бути використаний.

Таким чином, засоби захисту працівників від дії ЕМВ РЧ-діапазону поділяються на колективні (ОРГАНІЗАЦІЙНІ, ІНЖЕНЕРНО-ТЕХНІЧНІ) та індивідуальні.

До індивідуальних заходів відносять: виконання техніки безпеки, ЗІЗ та лікувально-профілактичні заходи. Останні спрямовані на попередження захворювання, яке може бути викликане впливом ЕМП, а також на своєчасне лікування працюючих при виявленні захворювання.

Згідно наказу МОЗ №246/246 від 21.05.2007р.: за п. 5.2. Неіонізуюче випромінювання та за п.5.2.4. Користувачі персональних електронно-обчислювальних машин (ПЕОМ) з відеотерміналом (ВДТ) - проходять періодичні медогляди 1 раз на рік.

Для попередження професійних захворювань у осіб, що працюють в умовах ЕМП застосовуються такі заходи як *попередній* (для вступників на роботу) і *періодичний* (не рідше одного разу на рік) медичний контроль за станом здоров'я, а також ряд заходів, що сприяють підвищенню стійкості організму до дії ЕМП.

Необхідно виявлення людей з протипоказаннями до роботи з ЕМВ (патологічні зміни, що обумовлюють скоріше формування професійної патології). Під час медичних оглядів важливим є дослідження систем організму, які найбільше зазнають дії електромагнітного випромінювання.

Для встановлення діагнозу професійного захворювання від впливу ЕМВ радіохвиль потрібна детальна санітарно-гігієнічна характеристика із зазначенням частотного спектра коливань, інтенсивності випромінювання, тривалості контакту, стажу роботи в шкідливих умовах виробництва.

Усі особи з початковими клінічними проявами порушень, обумовлених дією радіохвиль, а також із загальними захворюваннями, перебіг яких може обтяжуватись під впливом несприятливих факторів виробничого середовища, слід брати на диспансерний облік з проведенням відповідних гігієнічних і терапевтичних заходів, спрямованих на оздоровлення умов праці і відновлення стану здоров'я працівників.

До патогенетичної профілактики, яка спрямована на підвищення резистентності та реактивності організму до ЕМВ, можуть бути віднесені фізичні вправи, раціоналізація праці та відпочинку, використання деяких лікарських препаратів та загальнозміцнюючих вітамінних комплексів.

Для населення розроблені рекомендації щодо користування й мобільними телефонами:

- Не спілкуватися по мобільних телефонах більше 15 хвилин на день.
- Після 1-3 хвилинної розмови рекомендується не менше 5 хвилин утриматися від наступного дзвінка.
- Під час сну тримати телефон не ближче 1 м від голови.
- Не користуватися мобільником в громадському транспорті, метро, тролейбусі та автомобілях. Випромінювання мобільника відбиваються від металевого корпусу машини, збільшуючи потужність у кілька разів. Окуляри в металевій оправі також краще знімати під час розмови (з цих же міркувань).

За даними ДСанПІН 3.3.2.007-98 «Державні санітарні правила і норми роботи з візуальними дисплейними терміналами електронно-обчислювальних машин» існують вимоги до профілактичних медичних оглядів та комплекс фізичних вправ і психологічного розвантаження.

Заклучна частина

Інформатизація та комп'ютеризація в сучасному суспільстві набувають все більшого розмаху. Електромагнітне випромінювання радіочастотного діапазону входить в усі нові і нові сфери людської практики, трансформуючи при цьому не тільки окремі дії, а й людську діяльність в цілому, впливаючи на всі сфери суспільного і особистого життя. Зберегти здоров'я при роботі з джерелами ЕМВ РЧ-діапазону можна, якщо дотримуватися основних принципів захисту.