

## ***Основні фактори виробничого середовища, що визначають умови праці на виробництві.***

- Мікроклімат робочої зони.
- Вплив шкідливих речовин на здоров'я працюючих. Класифікація шкідливих домішок повітряного середовища за характером дії на організм людини. Класи небезпечності речовин. Джерела забруднення повітряного середовища шкідливими речовинами.
- Значення виробничого освітлення для забезпечення продуктивності і безпеки праці. Існуючі види та системи освітлення.
- Вібрації як негативний чинник виробничого процесу. Класифікація вібрацій.
- Визначення поняття “виробничий шум”, його основні параметри. Класифікація шумів.
- Інфра- та ультразвук. Параметри інфра- та ультразвукових коливань. Джерела ультра- та інфразвукових коливань.

Завдання для самостійної підготовки: Вплив параметрів мікроклімату на теплообмін організму людини з навколишнім середовищем. Гострі і хронічні отруєння, професійні захворювання. Основні світлотехнічні величини і поняття. Вплив вібрацій на організм людини, вібраційна хвороба. Дія на організм людини шуму, ультра- та інфразвуку.

## Мікроклімат виробничих приміщень

Мікроклімат виробничих приміщень – це умови внутрішнього середовища цих приміщень, що впливають на тепловий обмін працюючих з оточенням. Як фактор виробничого середовища, мікроклімат впливає на теплообмін організму людини з цим середовищем і, таким чином, визначає тепловий стан організму людини в процесі праці.

Мікрокліматичні умови виробничих приміщень характеризуються такими показниками:

- температура повітря ( $0C$ ),
- відносна вологість повітря (%),
- швидкість руху повітря (м/с),
- інтенсивність теплового (інфрачервоного) опромінювання ( $Вт/м^2$ ) від поверхонь обладнання та активних зон технологічних процесів (в ливарному виробництві, при зварюванні і т. ін.).

При виконанні роботи в організмі людини відбуваються певні фізіологічні (біологічні) процеси інтенсивність яких залежить від загальних затрат на виконання робіт і які супроводжуються тепловим ефектом і завдяки яким підтримується функціонування організму. Частина цього тепла споживається самим організмом, а надлишки тепла повинні відводитись в оточуюче організм середовище.

Значення параметрів мікроклімату суттєво впливають на самопочуття та працездатність людини і, як наслідок цього, рівень травматизму. Тривала дія високої температури повітря при одночасно підвищеної його вологості приводить до збільшення температури тіла людини до  $38 - 40^{\circ}C$  (гіпертермія), в наслідок чого здійснюється різноманітні фізіологічні порушення у організмі: зміни у обміні речовин, у серцево-судинної системи, зміни функцій внутрішніх органів (печінки, шлунка, жовчного міхура, нірок), змінні у системі дихання, порушення центральної та периферичної нервових систем.

Організм людини здатний підтримувати квазістійку температуру тіла при достатньо широких коливаннях параметрів навколишнього середовища. Теплообмін між людиною та навколишнім середовищем ( $Q_{tm}$ ) здійснюється конвекцією внаслідок обтікання тіла повітрям ( $q_k$ ), теплопровідністю через одяг ( $q_m$ ), випромінюванням на оточуючі поверхні ( $q_e$ ), за рахунок випарювання вологи, яка виводиться на поверхню потовими залозами ( $q_n$ ) та нагрівання чи охолодження повітря при диханні ( $q_d$ ):

$$Q_{tm} = q_k + q_m + q_e + q_n + q_d.$$

Так, тіло людини зберігає температуру близько  $36,6^{\circ}C$  при коливаннях навколишньої температури від  $-40^{\circ}C$  до  $+40^{\circ}C$ . При цьому температура окремих ділянок шкіри і внутрішніх органів може бути від  $24^{\circ}C$  до  $37,1^{\circ}C$ .

При підвищенні температури значного збільшується потовиділення, в наслідок чого здійснюється різке порушення водного обміну. З потом із організму виділяється значна кількість солей, головним образом хлористого натрію, калію, кальцію. Зростає вмісту у крові молочний кислоти, мочевины.

Змінюються другі параметри крові, в наслідок чого вона згущається. В умовах високої температури збільшується частота пульсу (до 100 - 180 поштовхів за хвилину), збільшується артеріальний тиск. Перегрів тіла людини супроводжується головними болями, запамороченням, нудотою, загальною слабкістю, часом можуть виникати судоми та втрата свідомості. Негативна дія високої температури збільшується при підвищеній вологості, тому що при цьому зніжує процес випарювання поту, тобто погіршується тепловіддача від тіла людини. Зміни в організмі при підвищеній температурі безумовно відображаються на працездатності людини. Так, збільшення температури повітря виробничого середовища з 20 0С до 350С приводить до зниження працездатності людини на 50-60%.

Суттєві фізіологічні зміни в організмі здійснюються також при холодовому впливу, яке приводить до переохолодження організму (гіпотермія). Найбільш виражені реакції на низку температуру є звуження судин м'язів та шкіри. При цьому зніжується пульс, збільшується об'єм дихання і споживання кисню. Тривала дія знижених температур приводить до появи таких захворювань як радикуліт, невралгія, суглобного та м'язового ревматизму, інфекційних запалювань дихального тракту, алергії і та ін. Охолодження температури тіла викликає порушення рефлекторних реакцій, зниження тактильних і других реакцій, утруднюються рухи. Це також може бути причиною збільшення виробничого травматизму.

Недостатня вологість повітря (нижче 20%) приводять до підсихання слизових оболонок дихального тракту та очей, в наслідок чого зменшується їх захисна здатність протистояти мікробам.

Фізіологічна дія рухомого потоку повітря пов'язана з змінами у температурному режиму організму, а також механічної дії (повітряному тиску), яка вивчена ще недостатня. Встановлено, що максимальна швидкість повітря на робочих місцях не повинна перевищувати 2 м/с.

*Оптимальні* показники мікроклімату розповсюджуються на всю робочу зону; *припустимі* встановлюються диференційовано для постійних і непостійних робочих місць.

*Оптимальні мікрокліматичні умови* – поєднання параметрів мікроклімату. При тривалому та систематичному їх впливі на людину зберігається нормальний тепловий стан організму без активізації механізмів терморегуляції. Вони забезпечують відчуття теплового комфорту та створюють передумови для високого рівня працездатності.

*Допустимі мікрокліматичні умови* – поєднання параметрів мікроклімату, які при тривалому та систематичному впливі на людину можуть викликати зміни теплового стану організму, що швидко минають і нормалізуються та супроводжуються напруженням механізмів терморегуляції в межах фізіологічної адаптації. При цьому не виникає ушкоджень або порушень стану здоров'я, але можуть спостерігатися дискомфортні тепловідчуття, погіршення самопочуття та зниження працездатності.

### **Нормування параметрів мікроклімату робочої зони**

Санітарно-гігієнічне нормування умов мікроклімату здійснюється за ДСН 3.3.6.042-99, які встановлюють оптимальні і допустимі параметри мікроклімату залежно від загальних енерговитрат організму при виконанні робіт і періоду року.

За загальними затратами організму на виконання робіт відповідно нормативу виділяють три категорії робіт відповідно до табл. 4.

Таблиця 4

Категорії робіт за ступенем важкості

Характер роботи	Категорія роботи	Загальні енерговитрати організму, Вт (ккал/год)	Характеристика робіт
Легкі роботи	Ia	105-140 (90-120)	Роботи, що виконуються сидячи і не потребують фізичного напруження
	Iб	141-175 (121-150)	Роботи, що виконуються сидячи, стоячи або пов'язані з ходінням, та супроводжуються деяким фізичним напруженням
Роботи середньої важкості	IIa	176-232 (151-200)	Роботи, пов'язані з ходінням, переміщенням дрібних (до 1 кг) виробів або предметів в положенні стоячи або сидячи, і потребують певного фізичного напруження.
	IIб	232-290 (201-250)	Роботи, що виконуються стоячи, пов'язані з ходінням, переміщенням невеликих (до 10 кг) вантажів, та супроводжуються помірним фізичним напруженням.
Важкі роботи	III	291-349 (251-300)	Роботи, пов'язані з постійним переміщенням, перенесенням значних дрібних (понад 10 кг) вантажів, які потребують великих фізичних зусиль.

Оптимальні величини температури, відносної вологості та швидкості руху повітря в робочій зоні виробничих приміщень згідно з ДСН 3.3.6.042-99 приведені в табл. 5.

Температура внутрішніх поверхонь робочої зони (стіни, підлога, стеля) технологічного обладнання (екрани і т. ін.) зовнішніх поверхонь технологічного устаткування, огорожуючих конструкцій не повинна виходити більш ніж на 2 °С за межі оптимальних температур повітря для даної категорії робіт вказаних в табл.

При виконанні робіт операторського типу, пов'язаних з нервово емоційним напруженням в кабінетах, пультах і постах керування технологічними процесами, в кімнатах з обчислювальною технікою та інших приміщеннях повинні дотримуватися оптимальні умови мікроклімату (температура повітря 22 - 24 °С, відносна вологість 60 - 40 %, швидкість руху повітря не більш 0,1 м/с).

Таблиця 5

Оптимальні величини температури, відносної вологості та швидкості руху повітря в робочій зоні виробничих приміщень

Період року	Категорія робіт	Температура повітря, 0С	Відносна вологість,%	Швидкість руху, м/с
Холодний період року	Легка 1а	22-24	60-40	0,1
	Легка 1б	21-23	60-40	0,1
	Середньої важкості 1а	19-21	60-40	0,2
	Середньої важкості 1б	17-19	60-40	0,2
	Важка III	16-18	60-40	0,3
Теплий період року	Легка 1а	23-25	60-40	0,1
	Легка 1б	22-24	60-40	0,2
	Середньої важкості 1а	21-23	60-40	0,3
	Середньої важкості 1б	20-22	60-40	0,3
	Важка III	18-20	60-40	0,4

Величини показників допустимих мікрокліматичних умов встановлюються для постійних і непостійних робочих місць. Допустимі величини температури, відносної вологості та швидкості руху повітря в робочій зоні виробничих приміщень, відповідно до ДСН 3.3.6.942-99, не повинні виходити за межі показників, приведених в табл. 6.

Перепад температури повітря по висоті робочої зони при забезпеченні допустимих умов мікроклімату не повинен бути більше 3 °С для всіх категорій робіт, а по горизонталі робочої зони та протягом робочої зміни — виходити за межі допустимих температур для даної категорії роботи, вказаних в табл. 6.

Температура внутрішніх поверхонь приміщень (стіни, підлога, стеля), а також температура зовнішніх поверхонь технологічного устаткування або його захисних оболонок (екранів і т. ін.) не повинні виходити за межі допустимих величин температури повітря для даної категорії робіт, вказаних в табл. 6.

При наявності відкритих джерел випромінювання (нагрітий метал, скло, відкрите полум'я) допускається інтенсивність опромінення до 140,0 Вт/м<sup>2</sup>. Величина опромінюваної площі не повинна перевищувати 25% поверхні тіла працюючого при обов'язковому використанні індивідуальних засобів захисту (спецодяг, окуляри, щитки).

У виробничих приміщеннях, які розташовані в районах з середньою максимальною температурою найбільш жаркого місяця вище 25 °С згідно СНиП "Будівельна кліматологія" допускаються відхилення від величин показників мікроклімату, вказаних в табл. 6, для даної категорії робіт, але не більше, ніж на 3 °С. При цьому швидкість руху повітря повинна бути збільшена на 1,1 м/с, а відносна вологість повітря знижена на 5% при підвищенні температури на кожний градус вище верхньої межі допустимих температур повітря, вказаних в табл. 6.

Таблиця 6

**Допустимі величини температури, відносної вологості та швидкості руху повітря в робочій зоні виробничих приміщень**

Період року	Категорія робіт	Температура, °С				Відносна вологість (%) на робочих місцях - постійних і непостійних	Швидкість руху (м/сек.) на робочих місцях - постійних і непостійних
		Верхня межа		Нижня межа			
		На постійних робочих місцях	На непостійних робочих місцях	На постійних робочих місцях	На непостійних робочих місцях		
Холодний період року	Легка Іа	25	26	21	18	75	не більше 0,1
	Легка Іб	24	25	20	17	75	не більше 0,2
	Середньої важкості Іа	23	24	17	15	75	не більше 0,3
	Середньої важкості Іб	21	23	15	13	75	не більше 0,4
	Важка ІІІ	19	20	13	12	75	не більше 0,5
Теплий період року	Легка Іа	28	30	22	20	55 - при 28°С	0,2 - 0,1
	Легка Іб	28	30	21	19	60 - при 27°С	0,3 - 0,1
	Середньої важкості Іа	27	29	18	17	65 - при 26°С	0,4 - 0,2
	Середньої важкості Іб	27	29	15	15	70 - при 25°С	0,5 - 0,2
	Важка ІІІ	26	28	15	13	75 - при 24°С і нижче	0,6 - 0,5

У виробничих приміщеннях, в яких не можна встановити допустимі величини мікроклімату через технологічні вимоги до виробничого процесу, технічну недосяжність або економічно обґрунтовану недоцільність передбачаються заходи щодо захисту від можливого перегрівання та охолодження.

### **Шкідливі речовини**

В даний час близько 60 тисяч хімічних речовин знаходять застосування в діяльності людини. Серед інгредієнтів забруднення повітряного середовища (шкідливі речовини) – тисячі хімічних сполук у вигляді аерозолів (твердих, рідких) чи газоподібному вигляді.

Шкідливими називаються речовини, що при контакті з організмом можуть викликати захворювання чи відхилення від нормального стану здоров'я, що виявляються сучасними методами як у процесі контакту з ними, так і у віддалений термін, в тому числі і в наступних поколіннях. В результаті дії таких речовин на людину виникають больові відчуття -

отруєння. Шкода від отруєння залежить перш за все від тривалості дії, концентрації та виду речовини. Такі шкідливі речовини, в залежності від характеру дії на організм людини їх прийнято ділити на:

*загальнотоксичні* - викликають отруєння всього організму (оксид вуглецю, ціаністи сполуки, свинець, ртуть, бензол та інші);

*подразнюючі* - викликають подразнення тракту дихання та слизистих оболонок (хлор, аміак, діоксид сірки, оксиди азоту, фтористий водень та інші);

*сенсibiliзуючі* - діють як речовини що викликають алергію (формальдегід, різноманітні розчинники та лаки на основі нітро- і нітрозосполук та інші);

*канцерогенні* - викликають ракові захворювання (нікель та його сполуки, аміни, оксиди хрому, азбест та інші);

*мутагенні* - приводять до зміни генетичної інформації (свинець, марганець, радіоактивні речовини та інші);

*речовини, що впливають на репродуктивну (дітородну) функцію* (ртуть, свинець, стирол, марганець, радіоактивні речовини та інші).

Така класифікація цих речовин дещо умовна, тому що фізіологічна дія багатьох із них є комбінована або може змінюватись залежно від концентрації.

Деякі шкідливі речовини практично не взаємодіють з біологічними рідинами але потрапляючи в бронхи та легені осідають там, чим викликають подразнення слизистих оболонок шляхів дихання. Такі шкідливі речовини називають речовинами переважно фіброгенної дії. Це, перш за все, пил металів та дерева, пил, що має в своєму складі діоксид кремнію, пил скляного та мінерального волокна.

Шкідливі речовини проникають в організм людини головним чином через дихальні шляхи, а також через шкіру і з їжею. По дії на людину вони діляться на неотруйні і отруйні (токсичні).

Неотруйні речовини призводять до роздратування слизових оболонок дихальних шляхів, шкіри, очей. Дія неотруйного пилу проявляється в порушенні життєдіяльності верхніх дихальних шляхів, легенів, шкіри, очей.

Отруйні речовини, добре розчиняючись у біологічних середовищах здатні вступати з ними у взаємодію, викликаючи порушення нормальної життєдіяльності – отруєння.

Ступінь впливу пилу (аерозолі з розміром твердих часточок 0,1 - 200 мкм) на організм людини залежить не тільки від хімічного складу, але й розмірів часток (дисперсного складу), форми порошин і їхніх електричних властивостей. Найбільшу небезпеку являють частки розміром 1 - 2 мкм, тому що ці фракції в значній мірі осідають у легенях при диханні. Дослідження так само показують, що електрозаряджений пил у 2 - 3 рази інтенсивніше осідає в організмі в порівнянні з нейтральним по заряду пилом.

Гігієністи за характером дії на організм виділяють специфічну групу пилу – пил фіброгенних речовин. Особливість дії такого пилу на організм полягає в тому, що при попаданні у легені такий абразивний нерозчинний пил

спричинює утворення в легеневій тканині фіброзних вузлів – ділянок затверділої легеневої тканини, в результаті чого легені втрачають можливість виконувати свої функції. Такі захворювання практично не піддаються лікуванню і при своєчасному їх виявленню можливо припинити розвиток хвороби за рахунок зміни умов праці. Подібні захворювання об'єднуються гігієністами під загальною назвою пневмоконіози. Назви окремих захворювань цієї групи є похідною від назви речовин, що їх спричинила (сілікоз – пил з вмістом SiO<sub>2</sub>, антропокоз – пил вугілля, азбестоз – пил азбесту тощо). Гігієністи ідентифікують біля 50 речовин, пилю яких може спричинити пневмоконіози (є фіброгенним). Ряд видів пилю (каніфолі, борошна, шкіри, бавовни, вовни, хрому і т.д.) можуть викликати алергічні реакції і захворювання легень - бронхіальну астму.

### Нормування шкідливих речовин

Шкідливі речовини, що потрапили в організм людини спричинюють порушення здоров'я лише в тому випадку, коли їхня кількість в повітрі перевищує граничну для кожної речовини величину.

Під *гранично допустимою концентрацією (ГДК)* шкідливих речовин в повітрі робочої зони розуміють таку концентрацію, яка при щоденній (крім вихідних днів) роботі на протязі 8 годин чи іншої тривалості (але не більше 40 годин на тиждень) за час всього трудового стажу не може викликати професійних захворювань або розладів у стані здоров'я, що визначаються сучасними методами як у процесі праці, так і у віддалені строки життя теперішнього і наступних поколінь.

За величиною ГДК в повітрі робочої зони шкідливі речовини поділяються на чотири класи небезпеки (ГОСТ 12.1.007-76) табл. 7.

Таблиця 7

Класи небезпеки за величиною ГДК в повітрі робочої зони шкідливих речовин

Клас	Назва	ГДК	Приклад
1-й	речовини надзвичайно небезпечні	< 0,1 мг/м <sup>3</sup>	свинець, ртуть, озон
2-й	речовини високонебезпечні	0,1-1,0 мг/м <sup>3</sup>	кислоти сірчана та соляна, хлор, фенол, їдкі луги
3-й	речовини помірно небезпечні	1,1...10 мг/м <sup>3</sup>	вінілацетат, толуол, ксилол, спирт метиловий
4-й	речовини малонебезпечні	> 10,0 мг/м <sup>3</sup>	аміак, бензин, ацетон, гас

Таблиця 8

Основні джерела забруднення шкідливими речовинами повітряного середовища виробничих приміщень підприємств



Основними джерелами забруднення шкідливими речовинами повітряного середовища виробничих приміщень підприємств є	технологічні процеси з використанням шкідливих речовин (наприклад: свинцеві білила, бензол, метиловий спирт, органічні розчинники)	
	незадовільна герметизація встаткування, у результаті чого підвищується надходження в повітря робочої зони шкідливих речовин	
	застосування застарілого обладнання (наприклад, центрифуг з верхнім вивантаженням)	
	несвоєчасний і неякісний ремонт технологічного встаткування	
	застосування сухих способів переробки матеріалів, що порошать	
	Дроблення, транспортування матеріалу, що подрібнює, механічна обробка тендітних матеріалів, шліфування, упакування й т.п. є основними джерелами (первинними) пилоутворення	
	В умовах виробництва виникає і вторинне пилоутворення	

Класи небезпеки встановлюються в залежності від норми і показників, наведених в табл. 9. ГДК шкідливих речовин, що часто потрапляють у повітря робочої зони виробничих приміщень наведено в табл. 10.

Таблиця 9

## Норми і показники для різних класів небезпеки

№	Показник	Норма для шкідливих речовин			
		1	2	3	4
1	Гранично допустима концентрація шкідливої речовини в повітрі робочої зони, мг/м <sup>3</sup>	< 0,1	0,1-1,0	1,1-10	> 10,0
2	Середня смертельна доза при введенні у шлунок, мг/кг	< 15	15-150	151-5000	> 5000
3	Середня смертельна доза при нанесенні на шкіру, мг/кг	< 100	100-500	501-2500	> 2500
4	Середня смертельна концентрація в повітрі, мг/м <sup>3</sup>	< 500	500-5000	500-50000	> 50000

Таблиця 10

## Характеристика деяких шкідливих речовин

№пп	Назва речовини	ГДК, мг/м <sup>3</sup>	Клас небезпеки	Дія на організм людини
1	Свинець	0,01	1	Уражає усі органи та системи організму, має кумулятивну здатність
2	Вуглеводні	300	4	Викликають хронічне отруєння із поганим самопочуттям та апетитом, втратою ваги, швидкою втомою, сонливістю. Деякі вуглеводні мають специфічну дію
3	Ацетон	200	4	Послідовно уражає усі відділи центральної нервової системи, має кумулятивну здатність
4	Ефір	300	4	Подразнює слизові оболонки очей та верхніх дихальних шляхів, викликає опіки
5	Сірчана кислота	1	2	Викликає опіки з великою глибиною пошкодження, подразнює слизові оболонки
6	Окис вуглецю	20	4	Викликає головний біль, запаморочення, безсоння, порушення обміну речовин, втрату свідомості

Відповідно до ГОСТ 12.1. 005-88, при одночасному змісті в повітрі робочої зони декількох шкідливих речовин односпрямованої дії сума відносин фактичних концентрацій кожного з них ( $C_1, C_2, \dots, C_n$ ) у повітрі до їх ГДК ( $ГДК_1, ГДК_2, \dots, ГДК_n$ ) не повинна перевищувати одиниці

$$\frac{C_1}{ГДК_1} + \frac{C_2}{ГДК_2} + \frac{C_3}{ГДК_3} + \dots + \frac{C_n}{ГДК_n} \leq 1.$$

До шкідливих речовин односпрямованої дії належать шкідливі речовини, які є близькими за хімічною будовою та характером впливу на організм

людини. При одночасному вмісті в повітрі кількох шкідливих речовин, що не мають односпрямованої дії, ГДК залишається таким самим, як і при їх ізольованій дії.

Дія шкідливих домішок в умовах високих температур і вологості, шуму й вібрацій, а також при значній фізичній трудомісткості робіт значно збільшується, хоча кількісну оцінку цьому в цей час дати дуже важко.

Для контролю концентрації шкідливих речовин в повітрі виробничих приміщень та робочих зон використовують наступні методи:

- експрес-метод, який базується на явищі колориметрії (зміні кольору індикаторного порошку в результаті дії відповідної шкідливої речовини) Для цього методу використовують газоаналізатори (УГ-2, ГХ-4 та інші).

- лабораторний метод, що полягає у відборі проб повітря з робочої зони і проведенні фізико-хімічного аналізу (хроматографічного, фотоколориметричного) в лабораторних умовах.

- метод неперервної автоматичної реєстрації вмісту в повітрі шкідливих ямічних речовин з використанням газоаналізаторів та газосигналізаторів.

Запиленість повітря можна визначити ваговим, електричним, фотоелектричним та іншими методами. Найчастіше використовують ваговий метод.

### **Освітлення виробничих приміщень**

Світло – один із суттєвих чинників виробничого середовища, завдяки якому забезпечується зоровий зв'язок працівника з його оточенням. Відомо, що біля 80% всієї інформації про навколишнє середовище надходить до людини через очі – наш зоровий апарат. Правильно організоване освітлення позитивно впливає на діяльність центральної нервової системи, знижує енерговитрати організму на виконання певної роботи, що сприяє підвищенню працездатності людини, продуктивності праці і якості продукції, зниженню виробничого травматизму тощо. Так, наприклад, збільшення освітленості від 100 до 1000 люкс при напруженій зоровій роботі приводить до підвищення продуктивності праці на 10-20%, зменшення браку на 20%, зниження кількості нещасних випадків на 30%. Вважають, що 5% травм можуть спричинюватись такою професійною хворобою як робоча міопія (короткозорість).

Слід відмітити особливо важливу роль в життєдіяльності людини природного освітлення, його ультрафіолетової частини спектру. Природне освітлення стимулює біохімічні процеси в організмі, поліпшує обмін речовин, загартовує організм, йому властива протибактерицидна дія тощо. У зв'язку з цим при недостатньому природному освітленні в умовах виробництва санітарно-гігієнічні нормативи вимагають у системі штучного освітлення застосовувати джерела штучного світла з підвищеною складовою ультрафіолетового випромінювання – еритемні джерела світла.

Під час здійснення будь-якої трудової діяльності втомлюваність очей, в основному, залежить від напруженості процесів, що супроводжують зорове

сприйняття. До таких процесів відносяться адаптація, акомодация, конвергенція.

Адаптація – здатність ока пристосовуватися до різної освітленості звуженням і розширенням зіниці в діапазоні 2 - 8 мм .

Акомодация – пристосування ока до зрозумілого бачення предметів, що знаходяться від нього на різній відстані, за рахунок зміни кривизни кришталика.

Конвергенція – здатність ока при розгляданні близьких предметів займати положення, при якому зорові осі обох очей перетинаються на предметі.

Для створення оптимальних умов зорової роботи слід враховувати не лише кількість та якість освітлення, а й кольорове оточення. Діючи на око, випромінювання, що мають різну довжину хвилі, викликають відчуття того або іншого кольору. Для ока людини найбільш відчутним є жовто-зелене випромінювання із довжиною хвилі 555 нм. Спектральний склад світла впливає на продуктивність праці та психічний стан людини. Так, якщо продуктивність людини при природному освітленні прийняти за 100%, то при червоному та оранжевому освітленні (довжина хвилі 600 ...780нм ) вона становить лише 76%. При надмірній яскравості джерел світла та оточуючих предметів може відбутись засліплення робітника. Нерівномірність освітлення та неоднакова яскравість оточуючих предметів призводять до частоті преадаптації очей під час виконання роботи і, як наслідок цього, – до швидкого втомлення органів зору. Тому поверхні, що добре освітлюються, краще фарбувати в кольори з коефіцієнтом відбивання 0,4 – 0,6, і, бажано, щоб вони мали матову або напівматову поверхню.

### **Види виробничого освітлення**

Залежно від джерел світла освітлення може бути природним, що створюється прямими сонячними променями та розсіяним світлом небосхилу; штучним, що створюється електричними джерелами світла, та суміщеним, при якому недостатнє за нормами природне освітлення доповнюється штучним.

За функціональним призначенням штучне освітлення поділяється на робоче, чергове, аварійне, евакуаційне, охоронне.

Робоче освітлення створює необхідні умови для нормальної трудової діяльності людини.

Чергове освітлення – знижений рівень освітлення, що передбачається у неробочий час, при цьому використовують частину світильників інших видів освітлення.

Аварійне освітлення вмикається при вимиканні робочого освітлення. Світильники аварійного освітлення живляться від автономного джерела і повинні забезпечувати освітленість не менше 5 % величини робочого освітлення, але не менше 2 лк на робочих поверхнях виробничих приміщень і не менше 1 лк на території підприємства.

Евакуаційне освітлення вмикається для евакуації людей з приміщення під час виникнення небезпеки. Воно встановлюється у виробничих приміщеннях з кількістю працюючих більше 50, а також у приміщеннях громадських та

допоміжних будівель промислових підприємств, якщо в них одночасно можуть знаходитися більше 100 чоловік. Евакуаційна освітленість у приміщеннях має бути 0,5 лк, поза приміщенням – 0,2 лк.

Охоронне освітлення передбачається вздовж границь територій, що охороняються, і має забезпечувати освітленість 0,5 лк.

### Природне освітлення

Джерелами природного освітлення є сонце, небо, випромінювання, відбите від поверхонь і предметів. Інтенсивність природного світла міняється залежно від сезону і часу доби та коливається у широких межах.

До переваг природного освітлення можна віднести те, що воно сприятливо впливає на органи зору, стимулює фізіологічні процеси, підвищує обмін речовин та покращує розвиток організму в цілому. Сонячне випромінювання зігріває та знезаражує повітря, очищуючи його від збудників багатьох хвороб (наприклад, вірусу грипу). Окрім того, природне світло має і психологічну дію, створюючи у приміщенні для працівників відчуття безпосереднього зв'язку з довкіллям.

До недоліків відносять неоднакове освітлення в різні *періоди* доби, року або за погодних умов; нерівномірний розподіл по площині виробничого приміщення. Крім того, невміле використання природного освітлення може викликати погіршення зору працівників (рис. 6).

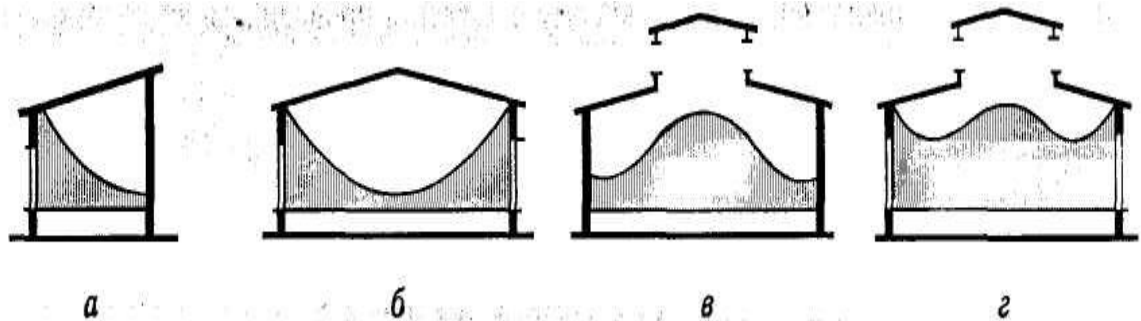


Рис. 6. Криві розділу освітленості в приміщеннях при різних видах природного освітлення: а) односторонньому боковому; б) двосторонньому боковому; в) верхньому; г) комбінованому

### Штучне освітлення

Штучне освітлення передбачається у всіх виробничих та побутових приміщеннях, де недостатньо природного світла, а також для освітлення приміщень у темний період доби. Штучне освітлення буває загальним, місцевим і комбінованим (рис. 7). Комбіноване освітлення складається із загального та місцевого. Місцеве освітлення створюється світильниками, що концентрують світловий потік безпосередньо на робочих місцях. Використання лише місцевого освітлення у виробничих приміщеннях заборонено.

Освітленість вимірюється люксометром (рис. 8), одиниця освітленості – люкс (лк): 1 лк – це освітленість 1 м<sup>2</sup> поверхні світловим потоком в 1 люмен (лм). Освітленість  $E$  – це відношення світлового потоку  $\Phi$ , що падає на елемент поверхні  $S$ , до площі освітленої поверхні.

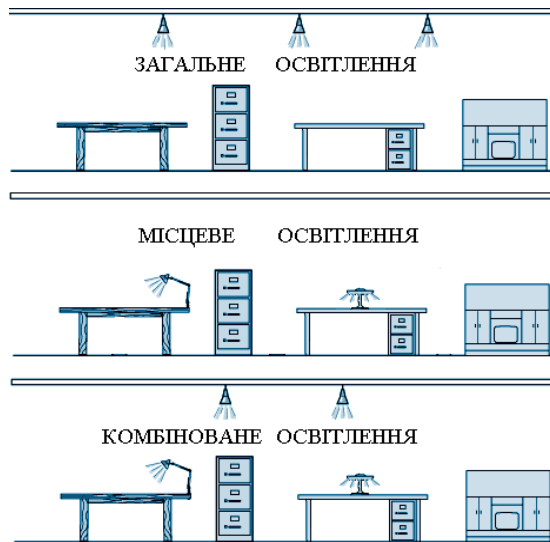


Рис. 7. Типи штучного освітлення



Рис. 8. Люксометр Ю 117

### Нормування освітлення виробничих приміщень

На рівень освітленості приміщення при природному освітленні впливають наступні чинники: світловий клімат; площа та орієнтація світлових отворів; ступінь чистоти скла в світлових отворах; пофарбування стін та стелі приміщення; глибина приміщення; наявність предметів, що заступають вікно як зсередини так і з зовні приміщення.

Оскільки природне освітлення непостійне впродовж дня, кількісна оцінка цього виду освітлення проводиться за відносним показником – коефіцієнтом природного освітлення (КПО):

$$КПО = \frac{E_{вн}}{E_{звн}} \cdot 100, \%$$

де  $E_{вн}$  - освітленість в даній точці всередині приміщення, що створюється світлом неба (безпосереднім чи відбитим);  $E_{звн}$  - освітленість горизонтальної поверхні, що створюється в той самий час ззовні світлом повністю відкритого небосхилу.

Нормовані значення КПО визначаються „Будівельними нормами і правилами (СНиП П-4-79)”.

Штучне освітлення передбачається у всіх виробничих та побутових приміщеннях, де недостатньо природного світла, а також для освітлення приміщень в темний період доби. Найменша освітленість робочих поверхонь у виробничих приміщеннях регламентується СНиП П-4-79 і визначається, в основному характеристикою зорової роботи (табл. 11).

## Норми штучного та природного освітлення виробничих приміщень

Характеристика зорової роботи	Найменший розмір об'єкта розпізнавання	Розряд зорової роботи	Штучне освітлення		Природне освітлення		Сумішне освітлення	
			Освітленість, лк		КПО, %			
			комбіноване	загальне	верхнє комбіне. освітл.	бокове осв.	верхнє комбіне. освітл.	бокове осв.
високої точності	0,3-0,5	III	2000-400	500-200	5	2	3	1.2
середньої точності	0,5-1,0	IV	750-300	300-150	4	1.5	2.4	0.9
малої точності	1-5	V	300-200**	200-100	3	1	1.8	0.6
загальне спостереження за ходом виробничого процесу	-	VIII	-	75-30	1*	0.3*	0.7*	0.2*

\*При постійному спостереженні за процесом.

\*\*Норматив стосується роботи при середньому контрасті об'єкту з фоном і темним фоном

### Виробничий шум

Шум це будь-який небажаний звук, який наносить шкоду здоров'ю людини, знижує його працездатність, а також може сприяти отриманню травми в наслідок зниження сприйняття попереджувальних сигналів. З фізичної точки зору - це хвильові коливання пружного середовища, що поширюються з певної швидкістю в газоподібній, рідкій або твердій фазі.

Звукові хвилі виникають при порушенні стаціонарного стану середовища в наслідок впливу на них сили збудження и поширюючись у ньому утворюють звукове поле. Джерелами цих порушень бути механічні коливання конструкцій або їх частин, нестаціонарні явища в газоподібних або рідких середовищах

Основними характеристиками таких коливань служить амплітуда звукового тиску ( $p$ , Па), частота ( $f$ , Гц). Звуковий тиск – це різниця між миттєвим значенням повного тиску у середовищі при наявності звуку та середнім тиском в цьому середовищі при відсутності звуку. Поширення звукового поля супроводжується переносом енергії, яка може бути визначена інтенсивністю звуку  $J$  (Вт/м<sup>2</sup>). У вільному звуковому полі інтенсивність звуку і звуковий тиск зв'язати між собою співвідношенням

$$J = p^2 / \rho C,$$

де  $J$  – інтенсивність звуку, Вт/м<sup>2</sup>;  $p$  - звуковий тиск, Па;  $\rho$  - щільність середовища, кг/м<sup>3</sup>;  $C$  – швидкість звукової хвилі в даному середовищі, м/с.

За частотою звукові коливання поділяються на три діапазони: інфразвукові з частотою коливань менше 20 Гц, звукові (ті, що ми чуємо) — від 20 Гц до 20 кГц та ультразвукові – більше 20 кГц. Швидкість поширення звукової хвилі  $C$  ( м/с) залежить від властивостей середовища і насамперед від

його щільності. Так, в повітрі при нормальних атмосферних умовах  $C \sim 344$  м/с; швидкість звукової хвилі в воді  $\sim 1500$  м/с, у металах  $\sim 3000-6000$  м/с.

Людина сприймає звуки в широкому діапазоні інтенсивності від нижнього порога чутності до верхнього – больового порога (рис. 9). Але звуки різних частот сприймаються неоднаково. Найбільша чутність звуку людиною відбувається у діапазоні 800-4000 Гц. Найменша – в діапазоні 20-100 Гц (табл. 12).

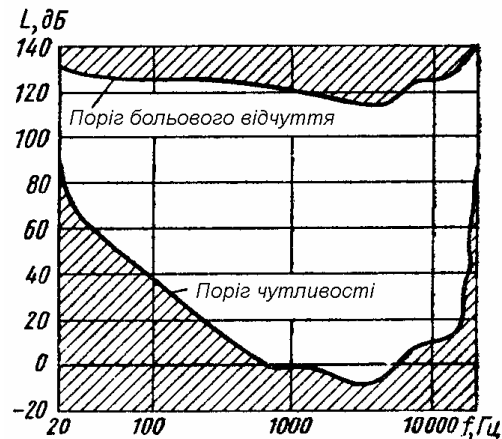


Рис. 9. Слухове відчуття людини

Таблиця 12

Значення рівня звукового тиску різних джерел шуму

Джерело шуму	Звуковий тиск, Па	Рівень звукового тиску, дБ
Шум зимового лісу в тиху погоду	$2 \cdot 10^{-4,5} - 2 \cdot 10^{-4,9}$	2 – 4
Шепіт на відстані 1 м	$2 \cdot 10^{-3}$	40
Розмова середньої гучності на відстані 1 м	$2 \cdot 10^{-2} - 1 \cdot 10^{-1}$	60 – 74
Робота верстатів, що створюють значний шум (робоче місце біля верстата)	$2 \cdot 10^{-1} - 2$	80 – 100
Робота компресора, штампувального преса на відстані 1 м	$2 \cdot 10$	120
Шум ракетного двигуна літака на відстані 2–3 м	$2 \cdot 10^2$	130 – 140

### Залежність рівня звукового тиску, що сприймається людиною від частоти звуку (криві рівної гучності)

В зв'язку з тим, що слухове сприйняття пропорційне логарифму кількості звукової енергії були використані логарифмічні значення – рівні звукової інтенсивності ( $L_i$ ) та звукового тиску ( $L_p$ ), які виражаються у децибелах (дБ). Рівень інтенсивності та рівень тиску звука виражаються формулами:

$$L_i = 10 \lg J / J_0, \text{ дБ};$$

$$L_p = 20 \lg p / p_0, \text{ дБ};$$

де  $J_0$ ,- значення інтенсивності на нижньому порозі чутності його людиною при частоті 1000 Гц,  $J_0 = 10^{-12}$  Вт/м<sup>2</sup>;  $p_0$  - порогові значення на нижнього порозі чутності звукового тиску людиною на частоті 1000 Гц,  $p_0 = 2 \cdot 10^{-5}$  Па.



На порозі больового відчуття (верхнього порога) на частоті 1000 Гц значення інтенсивності  $J_{\text{п}} = 102 \text{ Вт/м}^2$ , а звукового тиску  $p_{\text{п}} = 2 \cdot 10 \text{ Па}$ .

Спектр шуму – залежність рівнів інтенсивності від частоти. Розрізняють спектри суцільні (широкосмугові), у яких спектральні складові розташовані по шкалі частот безперервно, і дискретні (тональні), коли спектральні складові розділені ділянками нульової інтенсивності. На практиці спектральну характеристику шуму звичайно визначають як сукупність рівнів звукового тиску (інтенсивності) у частотних октавних смугах. Ширина таких смуг відповідає співвідношенню  $f_{\text{в}}/f_{\text{н}} = 2$ , де  $f_{\text{в}}$  - верхня частота смуги,  $f_{\text{н}}$  – нижня частота смуги. Оскільки сприйняття звуку людиною різниці за частотою, для вимірів шуму, що відповідає його суб'єктивному сприйняттю вводять поняття коректованого рівня звукового тиску. Корекція здійснюється за допомогою поправок, які додаються у частотних смугах. Значення загального рівня шуму з урахуванням вказаної корекції по частотним смугам називають рівнем звука (дБА)

За часовими характеристиками шуми поділяють на постійні і непостійні. Постійними вважають шуми, у яких рівень звуку протягом робочого дня змінюється не більше ніж на 5 дБА. Непостійні шуми поділяються на переривчасті, з коливанням у часі, та імпульсні. При переривчастому шумі рівень звуку може різко падати до фонового рівня, а довжина інтервалів, коли рівень залишається постійним і перевищує фоновий рівень, досягає 1 с та більше. При шумі з коливаннями у часі рівень звуку безперервно змінюється у часі. До імпульсних відносять шуми у вигляді окремих звукових сигналів тривалістю менше 1 с кожний, що сприймаються людським вухом як окремі удари.

Джерело шуму характеризують звуковою потужністю  $W(\text{Вт})$ , під якою розуміють кількість енергії у ватах, яка випромінюється цим джерелом у вигляді звуку в одиницю часу.

Рівень звукової потужності(дБ) джерела визначають за формулою:

$$L_w = 10 \lg W/W_0,$$

де  $W^0$  – порогові значення звукової потужності, яке дорівнює 10-12 Вт.

В випадку, коли джерело випромінює звукову енергію в усі сторони рівномірно, середня інтенсивність звуку в будь-якій точці простору буде дорівнювати:

$$J_{\text{ср}} = W/4 \cdot \pi \cdot r^2,$$

де  $r$  – відстань від центра джерела до поверхні сфери, що віддалена на таку достатньо велику відстань, щоб джерело можна було вважати точковим.

Якщо випромінювання відбувається не в сферу, а в обмежений простір, вводиться кут випромінювання  $\Omega$ , який вимірюється в стерadianах. Тоді

$$J_{\text{ср}} = W/\Omega \cdot r^2.$$

Якщо джерело шуму являє собою пристрій, розташований на поверхні землі, то  $\Omega = 2\pi$ , у двогранному куті  $\Omega = \pi$ , у тригранному  $\Omega = \pi/2$ .

Фактором направленості джерела називають відношення інтенсивності звуку, який випромінюється в даному напрямі, до середньої інтенсивності

$$\Phi = J/J_{cp}$$

Шумові характеристики обов'язково встановлюють в стандартах або технічних умовах на машини і вказують у їх паспортах. Значення шумових характеристик встановлюють, виходячи з вимог забезпечення на робочих місцях, житловій території і в будинках допустимих рівнів шуму.

Розрахунок очікуваної шумової характеристики є необхідною складовою частиною конструювання машини або транспортного засобу.

### **Ультразвук та інфразвук**

Ультразвук широко застосовують в техніці для диспергування рідин, очищення частин, зварювання пластмас, дефектоскопії металів, очищення газів від шкідливих домішок тощо.

У техніці застосовують звукові хвилі частотою вище 11,2 кГц, тобто захоплюється частина діапазону відчутних для людини звуків. На організм людини ультразвук впливає, головним чином, при безпосередньому контакті, а також через повітря. При дотриманні заходів безпеки робота з ультразвуком на стані здоров'я не позначається.

Коливання та звук інфразвукових частот широко розповсюджені в сучасному виробництві й на транспорті. Вони утворюються під час роботи компресорів, двигунів внутрішнього згоряння, великих вентиляторів, руху локомотивів та автомобілів. Інфразвук є одним з несприятливих факторів виробничого середовища, і при високих рівнях звукового тиску (більше 110-120 дБ) спостерігається шкідливий вплив його на організм людини.

### **Вібрація**

Вібрація це механічні коливання пружних тіл або коливальні рухи механічних систем. Для людини вібрація є видом механічного впливу, якій має негативні наслідки для організму.

Причиною появи вібрації є неврівноважені сили та ударні процеси в діючих механізмах. Створення високопродуктивних потужних машин і швидкісних транспортних засобів при одночасному зниженні їх матеріалоемності неминуче призводить до збільшення інтенсивності і розширення спектру вібраційних та віброакустичних полів. Цьому сприяє також широке використання в промисловості і будівництві вискоелективних механізмів вібраційної та віброударної дії. Дія вібрації може приводити до трансформування внутрішньої структури і поверхневих шарів матеріалів, зміни умов тертя і зносу на контактних поверхнях деталей машин, нагрівання конструкцій. Через вібрацію збільшуються динамічні навантаження в елементах конструкцій, стиках і сполученнях, знижується несуча здатність деталей, ініціюються тріщини, виникає руйнування обладнання. Усе це приводить до зниження строку служби устаткування, зростання імовірності аварійних ситуацій і зростання економічних витрат. Вважають, що 80% аварій в машинах і механізмах здійснюється в наслідок вібрації. Крім того, коливання конструкцій часто є джерелом небажаного шуму. Захист від вібрації є

складною і багатоплановою в науково-технічному та важливою у соціально-економічному відношеннях проблемою нашого суспільства.

Дія вібрації визначається інтенсивністю коливань, їх спектральним складом, тривалістю впливу та напрямком дії. Показниками інтенсивності є середньоквадратичні або амплітудні значення віброприскорення ( $a$ ), віброшвидкості ( $v$ ), вібро зміщення ( $x$ ). Параметри  $x, v, a$  – взаємозалежні, і для синусоїдальних вібрацій величина кожного з них може бути обчислена за значеннями іншого зі співвідношення:

$$a = v(2\pi f) = x(2\pi f)^2$$

де  $2\pi f$  – кругова частота вібрації,  $\text{с}^{-1}$ .

Логарифмічні рівні віброшвидкості ( $L_v$ ) в дБ визначають за формулою:

$$L_v = 20Lg \frac{v}{v_0},$$

де  $v$  - середньоквадратичне значення віброшвидкості, м/с, ( $v = \sqrt{\frac{1}{T} \sum_1^n v_i^2}$ , де  $v_i$  – миттєві значення віброшвидкості за період осереднення  $T$ );  $v_0$  - опорне значення віброшвидкості, що дорівнює  $5 \times 10^{-8}$  м/с (для локальної та загальної вібрацій).

Логарифмічні рівні віброприскорення ( $L_a$ ) в дБ визначають за формулою:

$$L_a = 20Lg \frac{a}{a_0},$$

де  $a$  - середнє квадратичне значення віброприскорення,  $\text{м}/\text{с}^2$ ;  $a_0$  - опорне значення віброприскорення, що дорівнює  $3 \times 10^{-4}$   $\text{м}/\text{с}^2$ .

За способом передачі на тіло людини розрізняють загальну та локальну (місцеву) вібрацію. Загальна вібрація та, що викликає коливання всього організму, а місцева (локальна) – втягує в коливальні рухи лише окремі частини тіла (руки, ноги).

Локальна вібрація, що діє на руки людини, утворюється багатьма ручними машинами та механізованим інструментом, при керуванні засобами транспорту та машинами, при будівельних та монтажних роботах.

Загальну вібрацію за джерелом виникнення поділяють на такі категорії:

Категорія 1 – транспортна вібрація, яка діє на людину на робочих місцях самохідних та причіпних машин, транспортних засобів під час руху по місцевості, агрофонах і дорогах (в тому числі при їх будівництві). До джерел транспортної вібрації відносять, наприклад, трактори сільськогосподарські та промислові, самохідні сільськогосподарські машини; автомобілі вантажні (в тому числі тягачі, скрепери, грейдери, котки та ін.); снігоприбирачі, самохідний гірничошахтний рейковий транспорт.

Категорія 2 – транспортно-технологічна вібрація, яка діє на людину на робочих місцях машин з обмеженою рухливістю та таких, що рухаються тільки по спеціально підготовленим поверхням виробничих приміщень, промислових майданчиків та гірничих виробок. До джерел транспортно-технологічної вібрації відносять, наприклад, екскаватори (в тому числі роторні), крани промислові та будівельні, машини для завантаження

мартенівських печей (завалочні), гірничі комбайни, самохідні бурильні каретки, шляхові машини, бетоноукладачі, транспорт виробничих приміщень.

Категорія 3 – технологічна вібрація, яка діє на людину на робочих місцях стаціонарних машин чи передається на робочі місця, які не мають джерел вібрації. До джерел технологічної вібрації відносяться, наприклад, верстати та метало-деревообробне, пресувально-ковальське обладнання, ливарні машини, електричні машини, окремі стаціонарні електричні установки, насосні агрегати та вентилятори, обладнання для буріння свердловин, бурові верстати, машини для тваринництва, очищення та сортування зерна (у тому числі сушарні), обладнання промисловості будматеріалів (крім бетоноукладачів), установки хімічної та нафтохімічної промисловості і т. ін.

Загальну технологічну вібрацію за місцем дії поділяють на такі типи:

- а) на постійних робочих місцях виробничих приміщень підприємств;
- б) на робочих місцях складів, їдалень, побутових, чергових та інших виробничих приміщень, де немає джерел вібрації;
- в) на робочих місцях заводууправлінь, конструкторських бюро, лабораторій, учбових пунктів, обчислювальних центрів, медпунктів, конторських приміщень, робочих кімнат та інших приміщень для працівників розумової праці.

За джерелом виникнення локальну вібрацію поділяють на таку, що передається від:

- ручних машин або ручного механізованого інструменту, органів керування машинами та устаткуванням;
- ручних інструментів без двигунів (наприклад, рихтувальні молотки) та деталей, які оброблюються.

За часовими характеристиками загальні та локальні вібрації поділяють на:

- постійні, для яких величина віброприскорення або віброшвидкості змінюється менше ніж у 2 рази (менше 6 дБ) за робочу зміну;
- непостійні, для яких величина віброприскорення або віброшвидкості змінюється не менше ніж у 2 рази (6 дБ і більше) за робочу зміну.

За напрямком дії загальну та локальну вібрації характеризують з урахуванням осей ортогональної системи координат X, Y, Z (рис. 10).

Напрями координатних осей при дії загальної (а) та локальної (б) вібрації

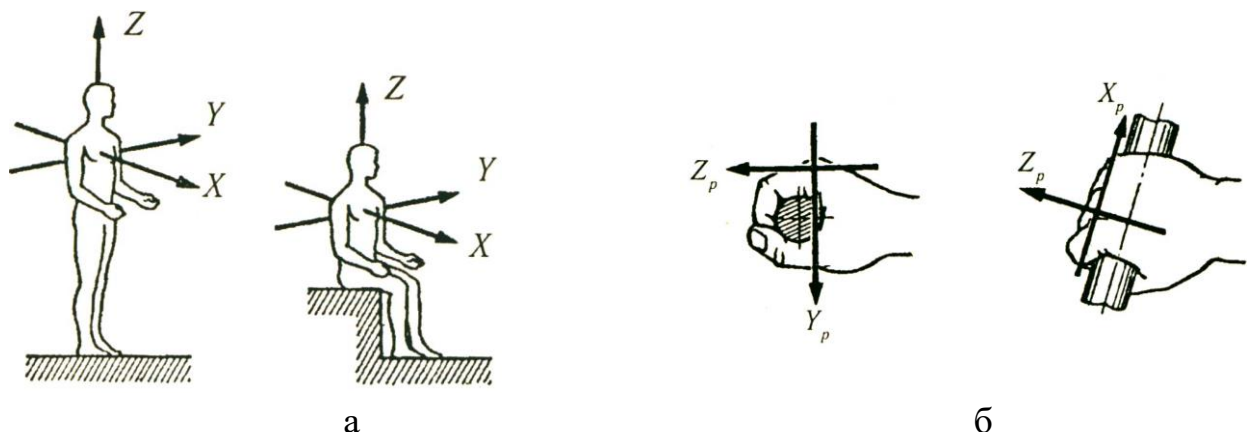


Рис. 10. Напрямок координатних осей при дії загальної (а)

і локальної вібрації (б)

### Нормування шуму і вібрації

Нормування шуму для робочих місць регламентується державними стандартами ГОСТ 12.1.003-86 „Шум. Общие требования безопасности” та ДСН 3.3.6.037-99. В основу гігієнічних норм покладені такі принципи: зменшення інтенсивності звукового тиску до меж октави; характер шуму; особливості трудової діяльності.

Нормування шуму проводиться за двома методами: *граничного спектра шуму* та *рівня звуку*. Метод граничних спектрів застосовують для нормування постійного шуму. Він полягає в обмеженні рівнів звукового тиску в октавних смугах із середніми геометричними частотами 31,5; 63; 125; 250; 500; 1000; 2000; 4000 і 8000 Гц. Метод нормування за рівнем звуку, який використовується для орієнтовної оцінки постійного і непостійного шуму.

У табл. 23 наведені допустимі рівні звукового тиску в октавних смугах частот, рівні звуку та еквівалентні рівні звуку на робочих місцях, у виробничих приміщеннях, конструкторських бюро, приміщеннях лабораторій та інших для широкопasmового шуму згідно із ДСН 3.3.6.037-99.

З табл. 13 видно, що величини звукового тиску низьких частот мають більш високі значення і знижуються з підвищенням частоти. Це пояснюється тим, що людський організм легше переносить низькі частоти і значно гірше – високі. Допустимі рівні звукового тиску в октавних смугах частот, рівні шуму й еквівалентні рівні шуму на робочих місцях для тонального та імпульсного шуму слід приймати на 5 дБ менше тих значень, що наведені в табл. 13.

Нормама передбачається робочі зони з рівнем звуку, що перевищує 85 дБА, позначати спеціальними знаками, а працюючих у цих зонах – забезпечувати засобами індивідуального захисту органів слуху.

Таблиця 13

#### Нормовані рівні звукового тиску та рівні шуму на робочих місцях

Види трудової діяльності	Рівні звукового тиску (дБ) в октавних смугах із середньгеометричними частотами (Гц)									Рівень звуку в дБА
	31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
1. Творча діяльність, керівна робота з підвищеними вимогами, наукова діяльність, конструювання, викладання, проектно-конструкторські бюро, програмування на ЕОМ	86	71	61	54	49	45	42	40	38	50
2. Висококваліфікована робота, вимірювання й аналітична робота в лабораторіях	93	79	70	63	58	55	52	50	49	60

3. Робота, що виконується за вказівками та акустичними сигналами. Приміщення диспетчерських служб, машинописних бюро	96	83	74	68	63	60	57	55	54	65
4. Робочі місця за пультами у кабінах нагляду і дистанційного управління без мовного зв'язку. Приміщення лабораторій з шумним устаткуванням	103	91	83	77	73	70	68	66	64	75
5. Постійні робочі місця у виробничих приміщеннях та на території підприємств	107	95	87	82	78	75	73	71	70	80

Згідно із ДСН 3.3.6.039-99 гігієнічні норми вібрації встановлюють залежно від її виду, місця, часу та напрямку дії. Гігієнічна оцінка вібрації, що діє на людину у виробничих умовах, здійснюється за допомогою таких методів: спектрального аналізу параметрів; інтегральної оцінки за спектром частот нормованих параметрів; дози вібрації. При спектральному аналізі нормованими параметрами використовуються середні квадратичні значення віброшвидкості та віброприскорення в октавних смугах із середньгеометричними частотами 1, 2, 4, 8, 16, 32, 63 Гц для загальної вібрації та 16, 32, 63, 125, 250, 500, 1000 Гц для локальної вібрації. Гігієнічні норми в логарифмічних рівнях середніх квадратичних значень віброшвидкостей для октавних смуг частот наведені в табл. 14, 15.

Сумарний час роботи в контакт з ручними машинами, які викликають вібрацію, не повинен перевищувати 2/3 робочої зміни. При цьому тривалість одноразової неперервної дії вібрації, включаючи мікропаузи, не повинна перевищувати 15 – 20 хв. Сумарний час роботи з віброінструментом при восьмигодинному робочому дні і п'ятиденному робочому тижні повинен скласти для слюсаря не більше 30 % зміни, для електромонтажника 22 %, для наладника 15 %. Маса обладнання, яка утримується руками, не більше 10 кг, а сила натиску не більше 196 Н.

Таблиця 14

Гранично-допустимі рівні локальної вібрації

Середньгеометричні частоти октавних смуг, Гц	Гранично-допустимі рівні вібрації по осях $X_L$ , $Y_L$ , $Z_L$			
	Віброшвидкість		Віброприскорення	
	$v$ , м/с $10^{-2}$	$L_v$ дБ	$a$ , м/с <sup>2</sup>	$L_a$ , дБ
8	2,8	115	1,4	73
16	1,4	109	1,4	73
31,5	1,4	109	2,7	79
63	1,4	109	5,4	85
125	1,4	109	10,7	91
250	1,4	109	21,3	97
500	1,4	109	42,5	103
1000	1,4	109	85,0	109
Коректований, еквівалентний	2,0	112	2,0	76

рівень				
--------	--	--	--	--

Таблиця 15

Гранично-допустимі рівні загальної вібрації категорії 3  
(технологічна типу «В»)

Середньгеометричні частоти октавних смуг, Гц	Гранично-допустимі рівні вібрації по осях X <sub>л</sub> , Y <sub>л</sub> Z <sub>л</sub>							
	Віброшвидкість				Віброприскорення			
	v, м/с 10 <sup>-2</sup>		L <sub>v</sub> дБ		a, м/с <sup>2</sup>		L <sub>a</sub> дБ	
	1/3 окт.	1/1 окт.	1/3 окт.	1/1 окт.	1/3 окт.	1/1 окт.	1/3 окт.	1/1 окт.
2,0	0,0112	0,02	31	36	0,089	0,18	85	91
4,0	0,008	0,014	28	33	0,032	0,063	76	82
8,0	0,008	0,014	28	33	0,016	0,032	70	76
16,0	0,016	0,028	34	39	0,016	0,028	70	75
20,0	0,0196		36		0,016		70	
31,5	0,0315	0,056	40	45	0,016	0,028	70	75
40,0	0,04		42		0,016		70	
50,0	0,05		44		0,016		70	
63,0	0,063	0,112	46	51	0,016	0,028	70	75
80,0	0,08		48		0,016		70	
Коректований, еквівалентний рівень	-	0,014	-	33	-	0,028	-	75

### Висновки

1. Для людини, яка керує машиною або слідкує за технологічним процесом, необхідно забезпечити відповідний рівень освітленості. Освітленість впливає на протікання процесу обміну речовин людини, підвищує діяльність окремих систем (наприклад, дихальної), але особливо впливає на функцію зору, а через неї і на продуктивність праці. Раціональне освітлення запобігає розвитку стомлюваності очей, підвищуючи видимість робочого простору, обладнання, інструментів, та запобігає виробничому травматизму. Освітлення буває природним, штучним і комбінованим. За функціональним призначенням штучне освітлення поділяється на робоче, чергове, аварійне, евакуаційне, охоронне.

2. Шум, вібрація, ультразвук, інфразвук за своєю фізичною природою є механічними коливаннями твердих тіл, газів, рідини. Шум являє собою сукупність звуків, які несприятливо діють на організм людини і викликають негативні відчуття. У фізичному розумінні шум – це швидкі й складні зміни тиску повітря. Рівень звукового тиску і шуму вимірюється шумоміром і виражається в одиницях інтенсивності шуму дБ. Децибел – це фізична одиниця вимірювання, яка не залежить від суб'єктивного сприйняття звуку. Джерелами шуму на виробництві є обладнання. Дуже часто шум виникає із-за невіддалої конструкції. Шуми бувають тональні та широкопasmові. За часовими характеристиками їх прийнято ділити на постійні та непостійні.

3. Людина, яка має справу з механічним обладнанням та інструментами, потрапляє під дію вібрації. Шкода здоров'ю, що спричиняється вібрацією,

залежить від амплітуди, частоти, швидкості та сили коливань. Частота вимірюється в герцах, амплітуда – в міліметрах. Частота вібрацій, яка виникає в мобільних засобах, складає 1 – 100 Гц, вібрація ручного механічного обладнання має частоту 5 – 700 Гц. Кожна частина тіла людини характеризується своїм критичним рівнем резонансу коливань. Якщо вібрація перевищує цей критичний рівень, органи починають вібрувати, що може призвести до смертельного результату. Розрізняють локальну та загальну вібрацію. Локальну вібрацію класифікують за джерелом виникнення, характером спектра, частотним спектром, тимчасовими характеристиками. Загальна ділиться на три категорії – транспортну, транспортно-технологічну, технологічну.

### Питання для самоконтролю

1. Визначити поняття мікроклімату робочої зони, охарактеризувати його вплив на теплообмін організму людини з навколишнім середовищем.
2. Що таке тепловий удар.
3. Назвіть основні види теплообміну людини з навколишнім середовищем. Як вони залежать від параметрів мікроклімату?
4. Дати визначення понять: оптимальні (комфортні), припустимі і шкідливі умови роботи.
5. Назвіть прилади для вимірювання параметрів мікроклімату.
6. Який вплив шкідливих речовин на організм людини?
7. Опишіть основні джерела забруднення шкідливими речовинами повітряного середовища виробничих приміщень підприємств.
8. Як здійснюється нормування параметрів мікроклімату?
9. Приведіть класифікацію шкідливих домішок повітря робочої зони.
10. Як залежить шкідливий вплив домішок повітряного середовища від їхнього хімічного складу, часу дії, концентрації, параметрів мікроклімату, наявності інших шкідливих факторів, фізичної трудомісткості робіт?
11. Як здійснюється санітарно-гігієнічне нормування забруднень повітряного середовища на виробництві?
12. Як здійснюється визначення гранично припустимих концентрацій шкідливих домішок повітря робочої зони при наявності декількох домішок?
13. Опишіть загальні заходи і способи попередження забруднення повітряного середовища на виробництві.
14. Розкрийте основні світлотехнічні поняття: сила світла, світловий потік, освітленість, яскравість, контраст, видимість, фон. Одиниці виміру.
15. Яке значення має природне освітлення для працюючих як виробничий і фізіолого-гігієнічний фактор? Які бувають системи природного освітлення?
16. Розкрийте поняття: коефіцієнт природного освітлення, розряди робіт із зорової напруги.



17. Як здійснюється нормування природного освітлення?
18. Що таке шум? Причини і джерела виникнення шуму на підприємствах.
19. Які фізичні параметри використовують для характеристики шуму? Одиниці їхніх вимірів. Як визначаються логарифмічні рівні?
20. Як класифікуються шуми?
21. Дайте характеристику впливу шуму на організм людини.
22. Як здійснюється гігієнічне нормування шуму?
23. Що таке вібрація? Причини і джерела вібрації на підприємствах.
24. Якими фізичними параметрами характеризується вібрація? Одиниці їхнього виміру. Як визначаються логарифмічні рівні?
25. Як класифікується вібрація?
26. Дайте характеристику впливу вібрації на організм людини.
27. Як здійснюється гігієнічне нормування вібрації?
28. Класифікація загальної вібрації за джерелом виникнення?
29. Характеристики джерела шуму
30. Що таке ультра- інфра- звук?

#### *Лекція 4*

### *Основні фактори виробничого середовища, що визначають умови праці на виробництві. Основи фізіології, гігієни праці та виробничої санітарії (Продовження)*

- Класифікація та джерела електричних і магнітних полів та електромагнітних випромінювань промислової частоти і радіочастотного діапазону.
- Класифікація та джерела ультрафіолетового та інфрачервоного випромінювань.
- Лазерне випромінювання, небезпечні і шкідливі фактори, що супроводжують роботу лазерів. Класифікація лазерів за ступенями небезпечності лазерного випромінювання.
- Джерела іонізуючих випромінювань на виробництві.

Завдання для самостійної роботи Особливості впливу електричних і магнітних полів та електромагнітних випромінювань на людину. Небезпека дії іонізуючих випромінювань. Особливості впливу на організм людини інфрачервоного, ультрафіолетового та лазерного випромінювань.

## Електричні і магнітні поля та електромагнітні випромінювання промислової частоти і радіочастотного діапазону

Електромагнітні поля широко використовують в машинобудуванні як змінні й постійні: для індукційної та діелектричної термообробки різних матеріалів, отримання плазмового стану речовини, телебачення і радіомовлення. Джерела електромагнітних полів наведені на рис 9. Номенклатура діапазонів частот електромагнітних полів (ЕМП) наведена у табл. 6.

ЕМП можуть негативно впливати на людину. Ступінь впливу ЕМП на організм залежить від діапазону частот, інтенсивності та тривалості дії, характеру випромінювання, розміру опромінюваної поверхні тіла й індивідуальних особливостей організму. Основні несприятливі ефекти в організмі людини, що виникають під впливом ЕМП, наведено на рис. 9.

Первинним проявом дії електромагнітної енергії є нагрів, який може призвести до змін і навіть пошкодження тканин та органів. Нагрів особливо небезпечний для органів зі слабкою терморегуляцією й для тих, у складі яких багато води (мозок, очі, нирки, сім'яні залози). Коливання надвисоких частот викликають також помутніння кристалика ока. Крім того, надвисока частотна енергія, яка попадає на поверхню тіла людини, частково відбивається, а частково проходить у поверхневі тканини на глибину 2 – 3 см. Ступінь відбивання від поверхні тіла людини залежить від товщини жирового складу. Тому головний і спинний мозок, а також очі зазнають найбільшого впливу від електромагнітного випромінювання.

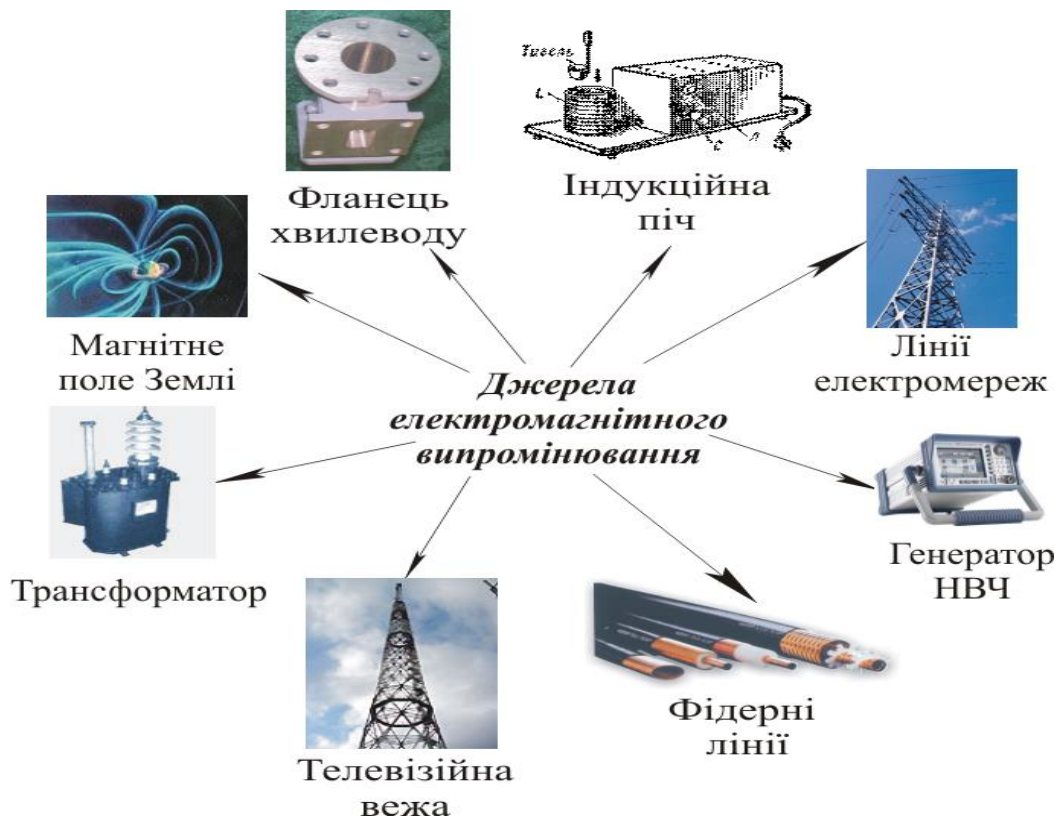


Рис. 8. Джерела електромагнітних полів

Таблиця 6

### Класифікація електромагнітних випромінювань

Назва діапазону	Діапазон частот	Довжина хвилі, $\lambda$	Назва хвилі
-----------------	-----------------	--------------------------	-------------

Низькі частоти (НЧ)	0,003 – 0,3 Гц 0,3 – 3,0 Гц 3,0 – 300 Гц 300 Гц – 30 кГц	$10^7 - 10^6$ км $10^6 - 10^4$ км $10^4 - 10^2$ км $10^2 - 10$ км	Інфранизькі Низькі Промислові Звукові
Високі частоти (ВЧ)	30 – 300 кГц 300 кГц – 3 МГц 3 – 30 МГц	10 – 1 км 1 км – 100 м 100 – 10 м	Довгі Середні Короткі
Ультрависокі частоти (УВЧ)	30 – 300 МГц	10 – 1 м	Ультракорткі
Надвисокі частоти (НВЧ)	300 МГц – 3 ГГц 3 ГГц – 30 ГГц 30 ГГц – 300 ГГц	100 – 10 см 10 – 1 см 10 – 1 мм	Дециметрові Сантиметрові Міліметрові

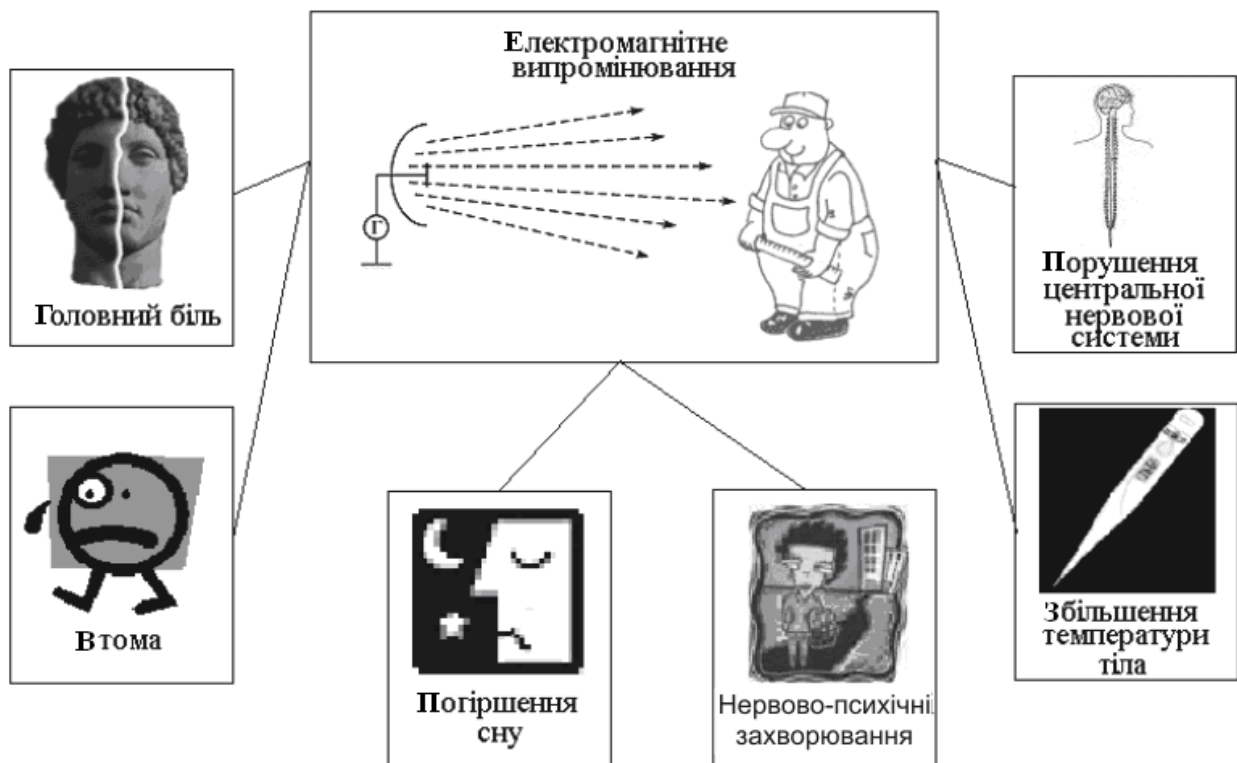


Рис. 9. Вплив електромагнітного випромінювання на людину

ЕМП характеризується довжиною хвилі  $\lambda$  (м) та частотою коливань  $f$  (Гц):

$$\lambda = ct = c / f,$$

де  $c = 3 - 10$  м/с – швидкість розповсюдження радіохвиль;  $t$  – період коливань.

Згідно з ГОСТ 12.1.006-84 нормованими параметрами в діапазоні частот  $60 \text{ кГц} - 30 \text{ МГц}$  є напруженість електричної  $E$ ,  $\text{Вт}/\text{м}^2$ , та магнітної  $H$ ,  $\text{А}/\text{м}$ , складових поля. На робочих та в місцях можливого перебування персоналу, пов'язаного з впливом електромагнітного поля, гранично допустима напруженість цього поля протягом робочого дня не повинна перевищувати нормативних значень.

Вплив електромагнітного поля на біологічний об'єкт оцінюється кількістю

електромагнітної енергії, поглинутої цим об'єктом при його знаходженні в цьому полі,  $Вт$

$$W_{\text{погл}} = \sigma S_{\text{эф}},$$

де  $\sigma$  – густина потоку потужності випромінювання електромагнітної енергії,  $Вт/м$ ;  $S_{\text{эф}}$  – ефективна поглинаюча поверхня тіла людини,  $м^2$ .

Небезпеку електромагнітних полів з частотами до  $300 \text{ МГц}$  оцінюють напруженістю його складових, а в діапазоні частот  $300 \text{ МГц} - 300 \text{ ГГц}$  – густиною потоку енергії.

### Нормування електромагнітного випромінювання

Нормування електромагнітного випромінювання радіочастотного діапазону на робочих місцях здійснюється згідно з ГОСТ 12.1.006-84, а для місць проживання – згідно з ДСН 239-96.

Відповідно до ГОСТ 12.1.006-84 нормування електромагнітних випромінювань проводять в діапазоні частот  $60 \text{ кГц} - 300 \text{ ГГц}$ . Причому у діапазоні  $60 \text{ кГц} - 300 \text{ МГц}$  нормованими параметрами є напруженість електричної  $E$ ,  $В/м^2$ , та магнітної  $H$ ,  $А/м$ , складових поля, а у діапазоні  $300 \text{ МГц} - 300 \text{ ГГц}$  такими параметрами вважається густина потоку енергії (ГПЕ),  $Вт/м^2$ . Нормативною величиною є також гранично допустиме енергетичне навантаження  $EH_E$ ,  $(В/м)^2 \cdot \text{год}$  та  $EH_H$ ,  $(А/м)^2 \cdot \text{год}$ :

$$EH_H = (E_H)^2 T,$$

$$EH_E = (H_E)^2 T,$$

де  $E_H$ ,  $H_H$  – нормативне значення напруженості,  $В/м$  та  $А/м$ ;  $T$  – тривалість дії протягом робочого дня, год.

Згідно з ГОСТ 12.1.006-84 на робочих місцях у діапазоні частот  $60 \text{ кГц} - 300 \text{ МГц}$  (частково 5 – 8 діапазони частот за табл. 16) нормуються напруженості електричної  $E$  та магнітної  $H$  складових електромагнітного поля, а в діапазонах частот  $300 \text{ МГц} - 300 \text{ ГГц}$  (діапазони 9 – 11) поверхнева густина потоку енергії.

Таблиця 16

Гранично допустимі значення  $E_{20}$  і  $H_{20}$  на робочих місцях

Параметр	Діапазон частот, МГц		
	Від 0,06 до 3	Від 3 до 30	Від 30 до 300
$E_{20}$ , В/м	500	300	80
$H_{20}$ , А/м	50	-	-
$EH_{E20}$ $(В/м)^2 \cdot \text{год}$	20000	7000	800
$EH_{H20}$ $(А/м)^2 \cdot \text{год}$	200	-	-

Гранично допустимі значення  $E_{20}$  та  $H_{20}$  на робочих місцях у діапазоні частот  $60 \text{ кГц} - 300 \text{ МГц}$  визначають за допустимим енергетичним навантаженням та тривалістю дії згідно з вищенаведеними формулами за даними табл. 17.

Одночасна дія електричного і магнітного полів вважається допустимою, якщо:

$$GH_E/EH_{E20} + EH_H/EH_{H20} \leq 1,$$

де  $EH_E$  і  $EH_H$  – енергетичні навантаження, що характеризують фактичну дію

електричного і магнітного полів.

Гранично допустимі величини електромагнітної енергії при експлуатації побутових НВЧ-печей не повинні перевищувати  $0,1 \text{ Вт/м}^2$  при триразовому щоденному опроміненні по 40 хв та загальній тривалості опромінення не більше 2 год за добу.

Для населення електромагнітне поле в 5 – 8 діапазонах частот (табл. 16) згідно з ДСН 239-96 оцінюється електричною складовою напруженості поля (табл. 17), а у 9 – 11 діапазонах – поверхневою густиною потоку енергії.

Таблиця 17

Гранично допустимі рівні (ГДР) електромагнітних полів для населення

№ діапазону	Діапазон частот	Довжина хвиль	ГДР ( $E_{гдр}$ )
5	30...300 кГц	10...1 км	25 В/м
6	0,3...3 МГц	1...0,1 км	15 В/м
7	3...30 МГц	100...10 м	$31g\lambda$ , В/м*
8	30...300 МГц	10...1 м	3 В/м

\* $\lambda$  – довжина хвилі, м;  $ГДР = 7,43 - 31g\lambda f$ , де  $f$  – частота хвилі, МГц

Гранично допустимі рівні електромагнітних полів ( $E_{гдр}$ , В/м), які створюють телевізійні радіостанції в діапазоні частот від 48 до 1000 МГц, визначаються за формулою:

$$E_{гдр} = 2If_{\kappa}^{-0,37},$$

де  $f_{\kappa}$  – несуча частота каналу зображення або звукового супроводу, МГц.

Для ЕМП промислової частоти (50 Гц) нормативи встановлюються згідно з ГОСТ 12.1.002-84 та ДСН 239-96. Нормативною є напруженість електричної складової поля (табл. 18). В табл. 19 показані гранично допустимі значення густини потоку енергії залежно від часу опромінення. Якщо радіотехнічні системи працюють у режимі сканування або обертання, то опромінення періодичне, тоді гранично допустимі значення густини потоку енергії збільшуються в 10 разів.

Таблиця 18

Допустимі рівні напруженості ЕМП радіочастотного діапазону

Діапазон частот	Допустимі рівні напруженості ЕМП		Допустима поверхнева густина потоку енергії, $\text{Вт/м}^2$
	за електричною складовою $E$ , В/м	за магнітною складовою $H$ , А/м	
Від 60 кГц до 3 МГц	50	5	–
3 МГц – 30 МГц	20	–	–
30 МГц – 50 МГц	10	0,3	–
50 МГц – 300 МГц	5	–	–
300 МГц – 300 ГГц	–	–	10

Санітарними нормативами також встановлюються захисні зони поблизу ліній електропередачі залежно від їх напруги: 20 м для лінії з напругою 300 кВ, 30 м – 500 кВ і 55 м – 1150 кВ.

Таблиця 19

Гранично допустимі величини густини потоку енергії в діапазоні частот 300 МГц – 300 ГГц

Густина потоку потужності енергії $\sigma$ , Вт/м <sup>2</sup>	Допустимий час перебування в зоні впливу ЕМП	Примітки
< 0,1	Протягом робочого дня	
0,1 – 1,0	Не більше 2 год	В інший робочий час густина потоку енергії не повинна перевищувати 0,1 Вт/м <sup>2</sup>
1,0 – 10,0	Не більше 10 хв	За умови використання захисних окулярів. В інший робочий час густина потоку енергії не повинна перевищувати 0,1 Вт/м <sup>2</sup>

Вимірювання параметрів ЕМП слід виконувати не рідше одного разу на рік, а також при введенні в дію нових установок, внесенні змін у конструкцію, розміщення чи режим роботи установок, при організації нових робочих місць та внесенні змін у засоби захисту від дії електромагнітних випромінювань (ЕМВ). Для вимірювання інтенсивності ЕМВ застосовуються прилади: вимірювачі напруження і вимірювачі малої напруженості електромагнітних полів.

### ІЧ випромінювання

Інфрачервоне випромінювання (теплове) виникає скрізь, де температура вище абсолютного нуля, і є функцією теплового стану джерела випромінювання. Більшість виробничих процесів супроводжується виділенням тепла, тепло виділяється виробничим устаткуванням і матеріалами. Нагріті тіла віддають своє тепло менш нагрітим трьома способами: теплопровідністю, тепловипромінюванням, конвекцією. Дослідження показують, що близько 60% тепла, що втрачається, приходиться на частку тепловипромінювання. Промениста енергія, проходячи простір від нагрітого тіла до менш нагрітого, переходить у теплову енергію в поверхневих шарах тіла, що опромінюється. У результаті поглинання випромінюваної енергії підвищується температура тіла людини, конструкцій приміщень, устаткування, що в значній мірі впливає на метеорологічні параметри (приводить до підвищення температури повітря в приміщенні).

Джерела ІЧ випромінювання поділяються на природні (природна радіація сонця, неба) і штучні – будь-які поверхні, температура яких вища порівняно з поверхнями, що опромінюються. Для людини це все поверхні  $t^{\circ} > 36-37^{\circ}\text{C}$ .

По фізичній природі ІЧ випромінювання являє собою потік матеріальних часток, яким притаманні квантові і хвильові властивості. ІЧ випромінювання охоплює область спектра з довжиною хвилі 0.78...540 мкм. Енергія кванта лежить у межах 0.0125...1.25 еВ.

За законом Стефана-Больцмана інтегральна щільність випромінювання, Вт/м<sup>2</sup>, абсолютно чорного тіла пропорційна четвертому степеню його абсолютної температури

$$q_i = C_0(T/100)^4,$$

де  $C_0=5.67\text{Вт/м}^2$ ;  $T$  - абсолютна температура тіла.

Щільність випромінювання різних матеріалів описується рівнянням:

$$q_v = EC_0(T/100)^4,$$

де  $E$  – ступінь чорності матеріалу (табл. 20).

Таблиця 20

Ступінь чорності матеріалів		
Матеріал	t <sup>0</sup> C	E
Алюміній	225 - 575	0.039 - 0.057
Сталь	25	0.043 - 0.064
Азбестовий картон	24	0.96
Цегла червона	20	0.93

Випромінювальною здатністю чи спектральною щільністю енергетичної світимості тіла називають величину  $E_w$ , чисельно рівну поверхневій щільності потужності теплового випромінювання тіла в інтервалі частот одиничної ширини (спектральна характеристика теплового випромінювання)

$$E_w = d_w/d_v, \text{ Дж/м}^2.$$

Випромінювальною здатністю тіла в напрямку нормалі

$$q_v = \frac{E}{\pi} C_0(T/100)^4.$$

На практиці випромінювання є інтегральним, тому що тіла випромінюють одночасно різні довжини хвиль. Однак максимум випромінювання завжди відповідає хвилям визначеної довжини. В міру збільшення температури тіла довжина хвилі зменшується. Між  $T$  і  $\lambda$  виконується співвідношення Вина:

$$\lambda_{\text{макс}} \cdot T = b,$$

де  $b = 0.002898$  м·град.

Спектр теплового випромінювання твердих і рідких тіл суцільний і характеризується діапазоном довжин хвиль випромінювання і довжиною хвиль  $\lambda_{\text{макс}}$ , що відповідає максимуму інтенсивності випромінювання. Газы, що мають не менше трьох атомів у молекулі (вуглекислий газ, водяна пара та ін.), мають випромінюючу і поглинаючу здатність, а спектр випромінювання їх носить смугастий характер.

### Нормування ІЧ випромінювань

Інтенсивність ІЧ радіації необхідно вимірювати на робочих місцях чи у робочій зоні поблизу джерела випромінювання. Нормування ІЧ випромінювань здійснюється згідно санітарних норм ДСН 3.3.6.042-99, ГОСТ 12.4.123-83. Припустима тривалість дії ІЧ на людину наведено у таблиці.

Таблиця 21

Припустима тривалість дії на людину теплової радіації	
Теплова радіація, Вт/м <sup>2</sup>	Тривалість дії радіації, с
280 - 560 (слабка)	Довготривала



560 - 1050(помірна)	180 – 300
1050 - 1600(середня)	40 – 60
Більше 3500(дуже сильна)	2 – 5

Теплова радіація 560-1050 Вт/м<sup>2</sup> є межею, яка переноситися людиною. Згідно діючим санітарним нормам допустима щільність потоку ІЧ випромінювань не повинна перевищувати 350 Вт/м<sup>2</sup>. Інтенсивність теплового опромінення працюючих від нагрітих поверхонь технологічного устаткування, освітлювальних приладів та інсоляція від зашкленних огорожень не повинна перевищувати 35,0 Вт/м<sup>2</sup> - при опроміненні 50 % та більше поверхні тіла, 70 Вт/м<sup>2</sup> - при величині опромінюваної поверхні від 25 до 50 %, та 100 Вт/м<sup>2</sup> - при опроміненні не більше 25 % поверхні тіла працюючого.

При наявності джерел з інтенсивністю 35,0 Вт/м<sup>2</sup> і більше температура повітря на постійних робочих місцях не повинна перевищувати верхніх меж оптимальних значень для теплого періоду року, на непостійних - верхніх меж допустимих значень для постійних робочих місць.

При наявності відкритих джерел випромінювання (нагрітий метал, скло, відкрите полум'я) допускається інтенсивність опромінення до 140,0 Вт/м<sup>2</sup>. Величина опромінюваної площі не повинна перевищувати 25 % поверхні тіла працюючого при обов'язковому використанні індивідуальних засобів захисту (спецодяг, окуляри, щитки).

Для виміру щільності потоку випромінювання на робочому місці застосовують актинометр (алюмінієва пластина, що має в шаховому порядку почорніння; термопари, приєднані до гальванометра). Для визначення спектральної інтенсивності випромінювань застосовують інфрачервоні спектрометри (ІЧС-10).

### **Лазерне випромінювання**

В даний час лазерна техніка знаходить дуже широке застосування. Зараз нараховується більше 200 галузей застосування. Вони використовуються в дальнометрії, системах передачі інформації, телебаченні, спектроскопії, в електронній та обчислювальній техніці, при забезпеченні термоядерних процесів, біології, медицині, у металообробці, металургії, при обробці твердих і надтвердих матеріалів, при зварювальних роботах і ін. Мала кутова розбіжність ЛВ дозволяє здійснити його фокусування на площах малих розмірів (порівняних з довжиною хвилі) і одержувати щільність потужності світлового потоку, достатньою для інтенсивного розігрівання і випаровування матеріалів (щільність потужності випромінювання досягає 10<sup>11</sup>-10<sup>14</sup> Вт/см<sup>2</sup>). Висока локальність нагрівання і відсутність механічних дій дозволяє використовувати лазери при збиранні мікросхем (зварювання металевих виводів і напівпровідникових матеріалів). За допомогою лазерного променя здійснюють проплав багат шарових матеріалів. Використовують ОКГ для приєднання резисторів, конденсаторів, виготовлення друкованих схем. Широко використовують лазерну техніку для одержання мікроотворів у надтвердих матеріалах.

Розширене застосування лазерних установок у різних галузях діяльності людини сприяє залученню великої кількості працівників для їх обслуговування. Поряд з унікальними властивостями (спрямованість і величезна щільність енергії

в промені) і перевагами перед іншим устаткуванням лазерні установки створюють певну небезпеку для здоров'я обслуговуючого персоналу.

Принцип дії лазерного випромінювання заснований на використанні змушеного (стимульованого) електромагнітного випромінювання, одержуваного від робочої речовини в результаті порушення його атомів електромагнітною енергією зовнішнього джерела. Стимульоване випромінювання має такі якості:

- 1 - когерентність (сталість різниці фаз між коливаннями і монохроматичність - практично ширина смуги випромінювання 2 Гц);
- 2 - мала розбіжність променя (22" - теоретична, 2' - практична);
- 3 - висока щільність потужності (1014 Вт/см<sup>2</sup>).

Щільність потужності лазерного випромінювання на малій площині об'єкта визначається формулою:

$$P_s = \frac{P \cdot D^2}{(\lambda)^2 \cdot f^2},$$

де P - вихідна потужність випромінювання лазера; D - діаметр об'єкта оптичної системи;  $\lambda$  - довжина хвилі; f - фокусна відстань оптичної системи.

Наприклад: P=1 МВт,  $\lambda=0.69$  мкм, D/f=1.2, тоді  $P_s=3 \cdot 10^{14}$  Вт/см<sup>2</sup>. Для порівняння щільність потужності випромінювання на поверхні Сонця  $10^8$  Вт/см<sup>2</sup>.

Лазерне випромінювання з високою щільністю потужності супроводжується високою напруженістю електричного поля:

$$E_n = \sqrt{\eta_0 \cdot \rho_s} = \sqrt{2 \cdot \rho_s \cdot \sqrt{\mu/\epsilon}},$$

де  $\mu$  - магнітна проникність середовища (для повітря  $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7}$  Гн/м);  $\epsilon$  - діелектрична проникність середовища (для повітря  $\epsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12}$  Ф/м).

Значення електричної напруженості у вакуумі при P=1 МВт складає  $2.74 \cdot 10^6$  В/м.

Випромінювання лазера з величезною щільністю потужності руйнує і випаровує матеріали. Одночасно в області падіння лазерного випромінювання на поверхню матеріалу в ньому створюється світловий тиск сотні тисяч МПа. При цьому виникає температура до декількох мільйонів градусів К. При фокусуванні лазерного променя в газі відбувається утворення високотемпературної плазми, що є джерелом легкого рентгенівського випромінювання (1 нм).

При проходженні променю через неоднорідне середовище (повітря, деяке середовище) відбувається розбіжність і блукання тобто відбивання променя. Відрізняють дзеркальне і дифузне відбивання лазерного променя.

При оцінці дифузійного відображення випромінювання слід враховувати геометричні розміри поверхні, що відбиває, (крапковий чи протяжний).

Щільність енергії для прямого випромінювання визначається формулою

$$E = \frac{4 \cdot I_0}{\pi \cdot (R \cdot \varphi)} \cdot e^{-\tau \cdot R},$$

де  $I_0$  - вихідна енергія ОКГ (Вт) Дж;  $\varphi$  - кут розбіжності випромінювання; r - відстань ОКГ до розрахункової точки;  $\sigma$  - коефіцієнт ослаблення випромінювання ОКГ повітряним середовищем (залежить від дальності видимості)  $\sigma=3.9/V$ , V - видимість.

В умовах відбитого випромінювання щільність енергії в заданій точці можна визначити по формулі:

$$E = \frac{I_n \cdot K \cdot \cos \beta}{\pi \cdot R^2 \cdot K_1}$$

де  $I_n$  - енергія, що падає на відбиту поверхню, Дж;  $K$  - коефіцієнт відображення поверхні;  $\beta$  - кут між нормаллю до поверхні і напрямком візування;  $K_1$  - коефіцієнт, що враховує розміри плями (наприклад, якщо  $R > 30r$  (радіусів плям), то  $K_1=1$  (точкове джерело).

### Нормування лазерного випромінювання

Нормування лазерного випромінювання здійснюється згідно санітарних норм і правила СНиП 5804-91. За нормативами при проектуванні лазерної техніки має бути діючим принцип відсутності впливу на людину прямого, дзеркального та дифузного випромінювання.

При визначенні класу небезпеки лазерного випромінювання враховуються три спектральних діапазони (нм) : I -  $180 < \lambda \leq 380$ , II -  $380 < \lambda \leq 1400$ , III -  $1400 < \lambda \leq 105$ .

Нормованими параметрами ЛВ з погляду небезпеки є енергія  $W$  (Дж) і потужність  $P$  (Вт) випромінювання, що пройшло обмежуючу апертуру діаметрами  $d_a=1.1$  мм (у спектральних діапазонах I і II) і  $d_a=7$  мм (у діапазоні II); енергетична експозиція  $H$  і опромінення  $E$ , усереднені по обмежуючій апертурі:

$$H = W/S_a; \quad E = P/S_a$$

де  $S_a$  – площа обмежуючої апертури.

Згідно СНиП 5804-91 регламентуються гранично допустимі рівні (ГДР) для кожного режиму роботи лазера і його спектрального діапазону і встановлюється для двох умов – одночасного та хронічного (того, що систематично повторюється) опромінювання. Граничні значення щільність потоку нормується на шкірі, сітківці, рогівці. Наприклад, відповідно до санітарних норм, при роботі з ОКГ ГДР випромінювання для очей є енергія  $W$  (Дж), яка додано в залежності від довжини хвилі і тривалості впливу.

Таблиця 22

Гранично допустимі дози при однократному впливі на очі колімірованого (прямого) лазерного випромінювання

Довжина хвилі $\lambda$ , нм	Тривалість впливу $t$ , с	$W_{ГДР}$ , Дж
$380 < \lambda \leq 600$	$t \leq 2.3 \cdot 10^{-11}$	$\sqrt[3]{t^2}$
	$2.3 \cdot 10^{-11} < t \leq 5 \cdot 10^{-5}$	$8 \cdot 10^{-8}$
	$5 \cdot 10^{-5} < t \leq 1$	$5.9 \cdot 10^{-5} \sqrt[3]{t^2}$
$600 < \lambda \leq 750$	$t \leq 6.5 \cdot 10^{-11}$	$\sqrt[3]{t^2}$
	$6.5 \cdot 10^{-11} < t \leq 5 \cdot 10^{-5}$	$1.6 \cdot 10^{-7}$
	$5 \cdot 10^{-5} < t \leq 1$	$1.2 \cdot 10^{-4} \sqrt[3]{t^2}$
$750 < \lambda \leq 1000$	$t \leq 2.5 \cdot 10^{-10}$	$\sqrt[3]{t^2}$
	$2.5 \cdot 10^{-10} < t \leq 5 \cdot 10^{-5}$	$4 \cdot 10^{-7}$
	$5 \cdot 10^{-5} < t \leq 1$	$3 \cdot 10^{-4} \sqrt[3]{t^2}$
$1000 < \lambda \leq 1400$	$t \leq 10^{-9}$	$\sqrt[3]{t^2}$

	$10^{-9} < t \leq 5 \cdot 10^{-5}$	10-6
	$5 \cdot 10^{-5} < t \leq 1$	$7.4 \cdot 10^{-4} \sqrt[3]{t^2}$

- Примітки: 1. Тривалість впливу менше 1 с.  
2. Діаметр обмежуючої апертура  $7 \cdot 10^{-3}$  м.

### Іонізуючі випромінювання

До іонізуючих випромінювань належать корпускулярні (альфа-, бета-, а також потоки протонів, нейтронів та важких ядер віддачі) та електромагнітні (гамма-, рентгенівське) випромінювання, що здатні при взаємодії з речовиною створювати в ній заряджені атоми та молекули (рис. 10).

*Альфа-випромінювання* – це потік ядер гелію, що виникає під час ядерних реакцій. Енергія альфа-частинок досягає декілька МеВ. Для них характерна висока іонізуюча здатність (декілька тисяч пар іонів на 1 см шляху в повітрі) та незначна проникність у речовину (десятки мкм у живій тканині).

*Бета-випромінювання* – потік електронів або позитронів, що виникає в результаті ядерних перетворень. Їх іонізуюча здатність значно нижча (десятки пар іонів на 1 см шляху в повітрі), а проникність вища (близько 2,5 см у живій тканині).

Дія протонів та важких ядер із значною енергією близька до альфа-випромінювання. Нейтрони взаємодіють з ядрами атомів, у результаті чого і виникає випромінювання та спостерігається іонізація речовини. Швидкі нейтрони мають значну проникність та незначну іонізуючу здатність.

*Гамма- та рентгенівське випромінювання* – жорсткі електромагнітні випромінювання, що виникають під час ядерних перетворень і взаємодії частинок, а також у рентгенівських трубках, прискорювачах електронів тощо. Ці випромінювання характеризуються значною проникністю та незначною іонізуючою здатністю (рис. 11).

Джерела іонізуючих випромінювань прийнято характеризувати їх активністю  $A$ , що визначається відношенням кількості спонтанних перетворень ядер  $dN$  за інтервал часу  $dt$



Рис. 10. Класифікація іонізуючих випромінювань

$$A = dN \frac{dN}{dt}.$$

Одиницею виміру активності є бекерель (Бк). 1 Бк дорівнює одному ядерному перетворенню за секунду. Питому активність речовини джерела випромінювання характеризують активністю одиниці її маси, об'єму або площі поверхні, наприклад, бекерель на кілограм.

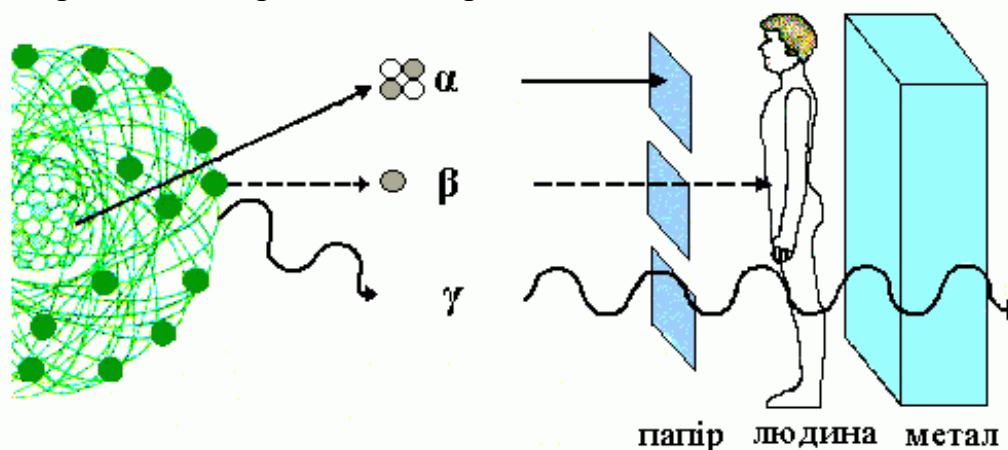


Рис. 11. Три види випромінювань та їх проникна здатність

Для характеристики дії іонізуючих випромінювань на речовину використовують *поглинену дозу*  $D$ , що визначається величиною енергії іонізуючого випромінювання поглиненої одиницею маси речовини. Одиницею виміру поглиненої дози є грей (Гр),  $1 \text{ Гр} = 1 \text{ Дж/кг}$ .

Дію випромінювання на органи та тканини характеризує доза, яку отримав орган чи тканина  $D_T$ . Вона визначається за формулою

$$D_T = E_T / m_T,$$

де  $E_T$  – сумарна енергія, що виділилася в органі чи тканині, Дж;  $m_T$  – маса органа чи тканини, кг.

У зв'язку з тим, що однакова доза різних видів випромінювання викликає в живих організмах різні біологічні зміни, введено поняття *дозы еквівалентної в органі або тканині*  $H_T$ . Вона визначається так:

$$H_T = D_T W_R,$$

де  $W_R$  – радіаційний зважувачий фактор.

Одиниця еквівалентної дози – зіверт (Зв).

При визначенні еквівалентної дози різних видів випромінювання прийнято використовувати такі значення радіаційного зважувачого фактора:

рентгенівське та гамма-випромінювання . . . . .	1
бета-випромінювання . . . . .	1
альфа-випромінювання . . . . .	20
нейтрони з енергією 10 – 100 КеВ . . . . .	10
протони з енергією більше 2 МеВ . . . . .	10

Іонізуюче випромінювання по різному впливає на органи і тканини людини. Чутливість органів тіла людини, на які діє іонізуюче випромінювання, враховується відносним стохастичним ризиком їх опромінення. Для оцінки цього ризику введено поняття *тканинного зважувачого фактора*  $W_T$ , який

використовується при розрахунках ефективної дози.

Ефективна доза  $E$  визначається як сума добутоків еквівалентних доз в окремих органах і тканинах на відповідні тканинні зважуючі фактори

$$E = \sum H_T W_T .$$

Тканинні зважуючі фактори для деяких органів людини мають такі значення: гонади – 0,20; кістковий мозок (червоний), товста кишка, легені, шлунок – 0,12; сечовий міхур, молочна залоза, печінка, стравохід, щитовидна залоза – 0,05; шкіра, поверхня кістки – 0,01; інші органи – 0,05.

Для характеристики іонізуючої здатності випромінювань використовують поняття експозиційної дози  $X$ , що визначається величиною повного заряду іонів одного знака, які виникають в одиниці маси повітря під дією іонізуючого випромінювання. Одиниця експозиційної дози – кулон на кілограм (Кл/кг).

Потужність експозиційної дози  $W$  – це відношення приросту експозиційної дози  $dX$  до проміжку часу:  $dt$   $W = dX / dt$ . Величину експозиційної дози на робочому місці можна розрахувати за формулою

$$X = \frac{AK_1 t}{r^2} ,$$









де  $A$  – активність джерела, мКі;  $K_1$  – гамма-постійна ізотопу,  $P \cdot \text{см}^2 / (\text{год} \cdot \text{мКі})$ ,  $t$  – час опромінення, год;  $r$  – відстань до джерела випромінювання, м.

Незалежно від бажання, людина завжди знаходиться під дією деякої природної фонові дози випромінювань. Джерела цих випромінювань знаходяться зовні (зовнішнє опромінення) або в організмі людини (внутрішнє опромінення). Причому, як правило, близько 1/3 дози припадає на зовнішнє і 2/3 – на внутрішнє опромінення. Зовнішнє опромінення складається з космічного та випромінювання радіоактивних речовин земного походження. Середнє значення потужності природної фонові дози зовнішнього опромінення, за винятком аномальних природних та зон антропогенного походження, наведені в табл. 24.

Внутрішнє опромінення виникає від радіоактивних речовин, що потрапляють в організм людини під час дихання, з водою та харчовими продуктами, а іноді і через шкіру. В організмі ці речовини знаходяться до повного розпаду і можуть частково виводитись унаслідок фізіологічного обміну. Деякі радіоактивні речовини, наприклад Ra, U, Sr та інші, мають здатність накопичуватися в органах людського організму, що особливо небезпечно. Потужність природної фонові дози внутрішнього опромінення в середньому становить близько 1,35 мЗв/рік.

Дія іонізуючого випромінювання на біологічні тканини залежить від величини поглинутої дози. Іонізація біологічних тканин веде до порушень молекулярних зв'язків та зміни хімічної структури органічних сполук. Під дією випромінювань у живих тканинах протікає також розщеплення води на радикали  $H^+$  та  $OH^-$ , які, маючи значну активність, взаємодіють з органічними сполуками, що веде до створення нових, нетипових для здорових тканин сполук.

## Випромінювання від різних джерел

	Район біля ТЕС на вугіллі 5 – 50 мкЗв/рік		Рентгенодіагностика 1 мЗв; флюорографія 0,4 мЗв; рентгеноскопія 9 мЗв
	Космічні промені 0,37 мЗв/рік		Перегляд телепередач 5 – 10 мкЗв/рік
	Поблизу АЕС 1 – 10 мкЗв/рік		Наслідки ядерних випробувань 15 – 20 мкЗв/рік
	Дерев'яні будинки 0,3 – 0,4 мЗв/рік		Цегляні будинки і будинки з залізобетону 0,8 – 1 мЗв/рік

Залежно від поглинутої дози випромінювання розрізняють гострі, віддалені та генетичні наслідки дії іонізуючого випромінювання. Гострі наслідки проявляються безпосередньо після опромінення значними дозами (табл. 25). Доза 100 Гр і більше викликає смерть через декілька годин унаслідок порушень центральної нервової системи. Від дози 10 – 50 Гр смерть настає через один-два тижні внаслідок внутрішніх крововиливів. Менші дози не викликають значних пошкоджень внутрішніх органів, але в цьому випадку смерть може наступити через один-два місяці внаслідок пошкодження червоного кісткового мозку – головного компонента кровотворної системи організму: від дози 3 – 5 Гр вмирає приблизно половина опромінених.

Червоний кістковий мозок найбільш чутливий до опромінення і перші прикмети променевої хвороби (зміни в крові людини) проявляються вже при дозах 0,5 – 1 Гр. Сильно відчують опромінення репродуктивні органи та очі. Так, одноразове опромінення сім'яників дозою всього лише 0,1 Гр веде до тимчасової стерильності чоловіків, а доза у 2 Гр це робить назавжди.

Найбільш поширені віддалені наслідки опромінення невеликими дозами – ракові захворювання. Згідно із загальноновизнаними сучасними поглядами не існує ніякої граничної дози, при якій відсутній ризик захворювання. Будь-яка мала доза збільшує ймовірність виникнення захворювань для людини, а кожна додаткова доза опромінення ще більше підвищує цю ймовірність.

Поглинута доза, Гр	Порушення в організмі людини
До 0,25	Видимих порушень немає
0,25 – 0,50	Можливі зміни в крові
0,5 – 1,0	Зміни в крові, нормальний стан працездатності порушується
1,0 – 2,0	Погіршується самопочуття, можлива втрата працездатності
2,0 – 4,0	Втрата працездатності, можливий смертельний кінець
4,0 – 5,0	Смертельні випадки складають 50 % від загальної кількості опромінених
6,0 і більше	Смертельні випадки складають 100 % від загальної кількості опромінених

Розповсюдженими видами захворювань, що спричиняються дією радіації, є рак молочної та щитовидної залоз. Ці захворювання виникають приблизно у десяти з тисячі опромінених дозою в 1 Гр, але смертність від них менша, тому що обидві хвороби в наш час досить ефективно лікуються, особливо рак щитовидної залози (з десяти випадків дев'ять). Рак легенів практично не лікується. Він також належить до розповсюджених видів захворювань, ймовірність виникнення якого становить п'ять випадків на тисячу опромінених дозою 1 Гр. Рак інших органів і тканин зустрічається серед опромінених не так часто, наприклад, рак шлунку та печінки з ймовірністю 1/1000 серед опромінених дозою 1 Гр.

### Нормування іонізуючих випромінювань

Допустимі рівні опромінення від індустриальних джерел випромінювання регламентуються “Нормами радіаційної безпеки України НРБУ-97”. Нормування здійснюється залежно від категорії опромінюваних людей, а також від чутливості органів тіла людини, на які діє іонізуюче випромінювання.

За опромінюваністю все населення прийнято ділити на три категорії: категорія **A** – особи з числа персоналу, які постійно чи тимчасово працюють безпосередньо з джерелами іонізуючого випромінювання; категорія **B** – особи з числа персоналу, які безпосередньо не зайняті роботою з джерелами іонізуючого випромінювання, але у зв'язку з розташуванням робочих місць у приміщеннях та на промислових майданчиках об'єктів з радіаційно-ядерними технологіями можуть отримувати додаткове опромінення; категорія **B** – все населення. Відповідно до категорії населення встановлюються ліміти річних ефективних доз зовнішнього опромінення, а також ліміти річних еквівалентних доз зовнішнього опромінення окремих органів і тканин (табл. 26). Крім лімітів, встановлюють допустимі рівні доз опромінення (**ДР**): потужність дози зовнішнього опромінення, забруднення поверхонь, надходження радіонуклідів через органи дихання тощо, які визначають виходячи з наведених лімітів дози.

Для радіометричного і дозиметричного контролю використовуються такі прилади: дозиметри – для вимірювання зовнішніх потоків радіоактивного випромінювання (рис. 58); радіометри – для вимірювання рівнів забруднення навколишнього середовища; індивідуальні дозиметри – для індивідуального контролю.

Таблиця 26

Ліміти дози опромінення (мЗв/рік)



Назва ліміту дози	Категорія осіб, які отримують опромінення		
	А	Б	В
$LD_E$ (ліміт ефективної дози)	20	2	1
Ліміт еквівалентної дози зовнішнього опромінення			
$LD_{lens}$ (для кристалика ока)	150	15	15
$LD_{skin}$ (для шкіри)	500	50	50
$LD_{e(trim)}$ (для кистей та стіп)	500	50	-

### Висновки

1. У виробничих умовах працівники можуть піддаватися дії електромагнітних випромінювань, які характеризуються широким діапазоном частот і довжин хвиль. ЕМП можуть негативно впливати на людину. Ступінь впливу ЕМП на організм залежить від інтенсивності та тривалості дії, характеру випромінювання, розміру опромінюваної поверхні тіла й індивідуальних особливостей організму. Нормування електромагнітних випромінювань радіочастотного діапазону на робочих місцях здійснюється згідно з ГОСТ 12.1.006-84, а для місць проживання – відповідно до ДСН 239-96.

2. Інфрачервоне випромінювання (теплове) виникає скрізь, де температура вище абсолютного нуля, і є функцією теплового стану джерела випромінювання. Більшість виробничих процесів супроводжується виділенням тепла, тепло виділяється виробничим устаткуванням і матеріалами. Теплова радіація 560-1050 Вт/м<sup>2</sup> є межею, яка переноситься людиною. Згідно діючим санітарним нормам допустима щільність потоку ІЧ випромінювань не повинна перевищувати 350 Вт/м<sup>2</sup>.

3. До іонізуючих випромінювань належать корпускулярні (альфа-, бета-, а також потоки протонів, нейтронів та важких ядер віддачі) та електромагнітні (гамма-, рентгенівське) випромінювання, що здатні при взаємодії з речовиною створювати в ній заряджені атоми та молекули. Для характеристики дії іонізуючих випромінювань на речовину використовують *поглинену дозу D*, що визначається величиною енергії іонізуючого випромінювання поглиненої одиницею маси речовини. У зв'язку з тим, що однакова доза різних видів випромінювання викликає в живих організмах різні біологічні зміни, введено поняття *دوزи еквівалентної*. Іонізуюче випромінювання по різному впливає на органи і тканини людини, тому для оцінки цього ризику введено поняття *ефективної дози*. Для характеристики іонізуючої здатності випромінювань використовують поняття *експозиційної дози X*, що визначається величиною повного заряду іонів одного знака, які виникають в одиниці маси повітря під дією іонізуючого випромінювання.

### Питання для самоконтролю

1. Які випромінювання відносяться до іонізуючих?
2. Охарактеризуйте природні та техногенні джерела іонізуючого випромінювання.
3. Охарактеризуйте біологічну дію іонізуючих випромінювань.
4. Розкрийте поняття активність і доза випромінювань, одиниці їх виміру.
5. Як здійснюється нормування і контроль іонізуючих випромінювань?

6. Як діють електромагнітні випромінювання на організм людини?
7. Як здійснюється нормування і контроль електромагнітних випромінювань?
8. Охарактеризуйте випромінювання, що відносяться до оптичного діапазону.
9. Як впливає інфрачервоне випромінювання на людину?
10. Як впливає ультрафіолетове випромінювання на людину?
11. Як здійснюється нормування ГЧ-випромінювань?
12. Охарактеризуйте лазерні випромінювання: параметри, біологічну дію.
13. Нормування та вимоги безпеки при роботі з ОКГ.
14. Як здійснюється нормування УФ-випромінювань?
15. Як оцінюється вплив електромагнітного поля на біологічний об'єкт?
16. Коли проводять вимірювання параметрів ЕМП
17. Види випромінювань і їх основні характеристики.
18. Види доз випромінювань та одиниці їх виміру.
19. Характеристики лазерного випромінювання
20. Види захворювань які спричиняють електромагнітні і іонізуючі випромінювання?

