

**Кафедра охорони праці та техногенно-екологічної безпеки
Національного університету цивільного захисту України**

ТЕХНОЕКОЛОГІЯ

Практикум

Харків 2012

Друкується за рішенням
кафедри охорони праці та
техногенно-екологічної
безпеки НУЦЗ України
Протокол від 28.08.12. № 1.

Рецензенти: доктор технічних наук, професор О.М. Касімов, завідувач лабораторії 1.8 Українського науково - дослідного інституту екологічних проблем;
кандидат сільсько-господарських наук А.А. Лісняк, старший науковий співробітник, Український ордена «Знак Пошани» науково-дослідний інститут лісового господарства та агролісомеліорації ім. Г.М. Висоцького.

Техноекологія: практикум. Для студентів вищих навчальних закладів, що навчаються у галузі знань 0401 «Природничі науки» за напрямом 6.040106 «Екологія. Охорона навколишнього природного середовища та збалансоване природокористування» / Укладач: К.М. Карпець – Х. : НУЦЗУ, 2012. – 72 с.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	3
ПРАКТИЧНА РОБОТА № 1 ОЦІНЮВАННЯ СТІЙКОСТІ ОБ'ЄКТА ДО ПОЖЕЖНОЇ БЕЗПЕКИ В УМОВАХ НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЙ.....	5
ПРАКТИЧНА РОБОТА № 2 МОНІТОРИНГ РАДІОАКТИВНИХ ЗАБРУДНЕНЬ.....	27
ПРАКТИЧНА РОБОТА № 3 ЗАХИСТ ЛЮДИНИ ВІД ВИРОБНИЧОГО ШУМУ.....	36
ПРАКТИЧНА РОБОТА № 4 ВПЛИВ ЕЛЕКТРОМАГНІТНИХ ПОЛІВ ТА ВИПРОМІНЮВАНЬ НА ОРГАНІЗМ ЛЮДИНИ.....	50
ПРАКТИЧНА РОБОТА № 5 ПРОГНОЗУВАННЯ ХІМІЧНОЇ ОБСТАНОВКИ.....	59

ВСТУП

Практичні роботи з «Техноекології» передбачені навчальним планом та робочою навчальною програмою дисципліни. Метою виконання практичних робіт є ознайомлення із принципами оцінювання стійкості об'єкта щодо пожежної безпеки в умовах надзвичайних ситуацій, особливостями моніторингу радіоактивних забруднень, заходами щодо захисту людини від виробничого шуму, впливом електромагнітних полів та випромінювань на організм людини та методами прогнозування хімічної обстановки.

Практичні роботи складаються з основного теоретичного матеріалу, який студент повинен підготувати до практичного заняття, практичних завдань і прикладів, а також завдань для самостійної (домашньої) роботи на закріплення матеріалу.

Варіант завдання видається викладачем. Практичні роботи оформляються в окремих зошитах з практичних робіт і здаються викладачу на перевірку впродовж навчального модульного циклу. За роботи, які здані пізніше встановлених строків, рейтингові бали не нараховуються.

Кількість балів, яку може отримати студент за належне виконання практичної роботи, встановлюється регламентом навчальної дисципліни.

ПРАКТИЧНА РОБОТА № 1
ОЦІНКА СТІЙКОСТІ ОБ'ЄКТА ДО ПОЖЕЖНОЇ БЕЗПЕКИ В УМОВАХ
НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЙ

1 Мета роботи

Мета роботи – набути практичних навичок в оцінюванні стійкості об'єкта щодо пожежної небезпеки в умовах надзвичайних ситуацій (НС).

2 Ключові положення

2.1 Горіння та пожеже небезпечні властивості речовин і матеріалів
Горіння – це процес окислення, який супроводжується інтенсивним виділенням тепла та променевої енергії.

Горіння виникає, коли є пальна речовина, окиснювач та джерело запалювання. Окиснювачами можуть бути кисень повітря, бертолетова сіль, пероксид натрію, азотна кислота, хлор, фтор, бром, окисли азоту тощо.

Горіння може бути повним і неповним. Повне – за достатньої чи надлишкової кількості окиснювача; за такого горіння виділяються токсичні речовини.

Неповне – відбувається за недостатньої кількості окиснювача. За неповного горіння утворюються продукти неповного згоряння, серед яких є токсичні речовини (чадний газ, водень).

При горінні однорідних палих сумішей виникає кінетичне горіння, швидкість поширення якого залежить від швидкості передавання теплової енергії в суміші і може сягати сотень метрів на секунду й супроводжуватись вибухом.

Вибух – швидке перетворювання речовин (вибухове горіння), що супроводжується виділенням енергії та утворенням ударної хвилі. Ударна хвиля поширюється перед фронтом полум'я зі швидкістю звуку – 330 м/с.

Пожеже вибухонебезпечність виробництв визначається агрегатним станом речовин, матеріалів та їхніми показниками пожеже вибухонебезпечності. Показники пожеже вибухонебезпечності: група займистості, температура займання, температура спалаху, температура самозаймання, нижня та верхня концентраційні межі запалювання, умови теплового самозаймання тощо.

Займистість – це здатність речовини або матеріалу до горіння. Займання – це початок горіння під впливом джерела запалювання. За займистістю речовини й матеріали поділяються на три групи:

- займисті – речовини і матеріали, здатні самозайматися або займатися від джерела запалювання і самостійно горіти чи то тліти після його усунення, до них відносяться всі органічні речовини;
- незаймисті – речовини і матеріали, не здатні до горіння у повітрі, від джерел запалювання не займаються, не тліють і не звуглюються; це неорганічні матеріали, метали тощо;

- важко займисті – речовини і матеріали, які горять від джерела запалювання, але нездатні горіти після його усунення; це матеріали, які містять займисті та незаймисті складові.

Займисті рідини є більш пожеже небезпечні, аніж тверді матеріали та речовини, тому що вони легко займаються, інтенсивніше горять і утворюють з повітрям вибухо- та пожеже небезпечні суміші й характеризуються температурою спалаху, нижньою і верхньою межею поширювання полум'я.

За температурою спалаху розрізняють рідини:

- легкозаймисті (ЛЗР) – рідини з температурою спалаху до 61°C (в закритому тиглі) або до 66 °C (у відкритому тиглі);
- займисті рідини (ЗР) – рідини з температурою спалаху понад 61°C (в закритому тиглі) або понад 66 °C (у відкритому тиглі).

Ступінь пожеже вибухонебезпечності займистих газів визначається також концентраційними межами поширення полум'я.

Нижня концентраційна межа поширення полум'я – це мінімальний вміст палива в середовищі, у якому можливе поширення полум'я по суміші на будь-яку відстань від джерела запалення.

Верхня концентраційна межа поширення полум'я визначається максимальним вмістом палива в середовищі, вище за який суміш стає нездатною до поширення полум'я. В середині цих меж суміш спалима, а поза ними суміш не горить.

2.1.1 Пожеже- і вибухо небезпечний пил

Залежно від значення нижньої межі поширення полум'я пил поділяють на вибухо- і пожеже небезпечний. Пил, який складається з найменших частинок спалимих речовин, котрі перебувають у завислому стані (аерозоль) в межах від нижньої до верхньої концентраційної межі поширення полум'я є вибухонебезпечним. За ступенем вибухо- і пожеже небезпечності пил поділяють на дві групи і чотири класи.

Вибухонебезпечний пил (група А) – пил з нижньою межею поширення полум'я до 65 г/м³.

Найбільш вибухонебезпечний пил (I клас) – пил з нижньою межею поширення полум'я до 15 г/м³ (пил сірки, каніфолі, нафталіну, сухого молока, торфу).

Вибухонебезпечний пил (II клас) – пил з нижньою концентраційною межею поширення полум'я від 15 г/м³ до 65 г/м³ (пил кави, чаю, борошна, вугілля, сіна, гороху).

Пожеже небезпечний пил (група Б) – пил з нижньою межею поширення полум'я понад 65 г/м³.

Найбільш пожеже небезпечний пил (III клас) – пил з температурою самозаймання до 250 °C (пил тютюну).

Пожеже небезпечний пил (III клас) – пил з температурою самозаймання понад 250 °C (деревний та вугільний пил).

2.1.2 Самозаймання речовин

Самозаймання – явище різкого збільшення швидкості екзотермічних реакцій, які призводять до виникнення горіння речовини за відсутності запалювання. Залежно від причин самозаймання буває хімічним, тепловим та мікробіологічним.

Хімічне самозаймання виникає внаслідок дії на речовину кисню повітря, води або взаємодії речовин. Наприклад, самозаймання забрудненого олією ганчір'я через окислювання олії повітрям з виділенням тепла або самозаймання водню під дією води на лужні метали.

Теплове – це самозаймання виникає внаслідок самонагрівання, яке виникло під дією зовнішнього нагріву речовини вище температури самонагрівання.

Мікробіологічне самозаймання виникає в органічних речовинах. За певної вологості й температури в органічних речовинах, торфі ініціюється життєдіяльність мікроорганізмів і утворюється павутинний кліщ (грибок). При цьому підвищується температура і змінюються форми мікроорганізмів, а за температури 75°C вони гинуть. Але за 60...70°C відбувається окислювання і обуглювання деяких легкозаймистих органічних сполук з утворенням дрібнопористого вугілля. Адсорбуючи кисень повітря, це вугілля нагрівається до температури розпаду і активного окислювання органічних речовин, що й призводить до займання.

2.2 Протипожежні вимоги щодо будинків і споруд

Виходячи з властивостей речовин і матеріалів, умов їхнього застосування та оброблення відповідно до ОНТП 24-86 "Визначення категорій приміщень і будівель за вибухопожежною і пожежною небезпекою", приміщення за вибухопожежною і пожежною небезпекою поділяються на п'ять категорій – А, Б, В, Г, Д.

До категорії А належать приміщення, де наявні займисті та легкозаймисті рідини з температурою спалаху, що не перевищує 28 °С, а також речовини і матеріали, здатні вибухати і горіти при взаємодії з водою, киснем або одні з одними; при утворенні вибухонебезпечних сумішей розвивається розрахунковий надлишковий тиск вибуху 5 кПа.

До категорії Б належать приміщення, в яких є пил та волокна, легкозаймисті рідини з температурою спалахування понад 28 °С та займисті рідини в такій кількості, що можуть утворюватися вибухонебезпечні пилоповітряні та пароповітряні суміші, при займанні яких розвивається розрахунковий надлишковий тиск вибуху 5 кПа.

До категорії В належать приміщення, де розміщено займисті та важкозаймисті рідини, тверді займисті та важкозаймисті речовини та матеріали (в тому числі пил та волокна), а також речовини і матеріали, здатні при взаємодії з водою, киснем повітря та одні з одними лише горіти (за умови, що ці приміщення не належать до категорій А чи Б).

До категорії Г належать приміщення, в яких є незаймисті речовини та матеріали в гарячому, розпеченому чи розплавленому стані, а також займисті

гази, рідини та тверді речовини, які спалюються або утилізуються як паливо; процес їхнього оброблення супроводжується виділенням променевої теплоти, іскор та полум'я.

До категорії Д належать приміщення, в яких є незаймісті речовини та матеріали у холодному стані. На збільшення інтенсивності пожежі у приміщеннях та спорудах значно впливає здатність окремих будівельних елементів чинити опір впливові тепла, тобто їхня вогнестійкість.

Вогнестійкість – здатність будівельних конструкцій чинити опір дії високої температури, утворюванню наскрізних тріщин та поширенні вогню в умовах пожежі й виконувати при цьому власні звичайні експлуатаційні функції. Вогнестійкість конструкцій будівель характеризується межею вогнестійкості.

Межа вогнестійкості – це час, упродовж якого конструкція може витримати дію вогню, а потім вже розпочинається деформування, втрата несучої здатності (обвалювання). Межа вогнестійкості встановлюється дослідним шляхом. Всі будівлі та споруди за ступенем вогнестійкості, за СНіП 2.01.02-85, поділяють на п'ять ступенів (додаток 1). Будинок може належати до того чи іншого ступеня вогнестійкості, якщо значення меж вогнестійкості та меж поширення вогню усіх конструкцій не перевищує значень вимог СНіП 2.01.02-85.

2.3 Пожежна профілактика електрообладнання

Електрична енергія за певних умов легко переходить у теплову, і це може спричинити пожежі й вибухи. Пожежна небезпека електрообладнання, електронних приладів, радіоелектронної апаратури, апаратури керування, електроприймачів пов'язана з використанням займистих матеріалів: гуми, пластмас, лаків, олій.

Джерелами займання можуть бути електричні іскри, дуги, коротке замикання, струмові перевантаження, перегріті опірні поверхні, несправність обладнання. За окислювач зазвичай слугує кисень. Але потужність і тривалість дії цих джерел займання порівняно малі, тому горіння, як правило, не розвивається. Виникнення пожежі в електронних пристроях можливе, якщо використовуються займісті і важкозаймісті матеріали й вироби.

Кабельні лінії електроживлення виконано із займистого ізоляційного матеріалу, тому є найбільш пожежонебезпечними елементами в конструкціях електрообладнання.

2.3.1 Коротке замикання

Короткі замикання (КЗ) виникають внаслідок ушкодження ізоляції елементів обладнання, які проводять струм, та зовнішніх механічних ушкоджень в електричних дротах, монтажних дротах, обмотках двигунів та апаратів. Ізоляція елементів, які проводять струм, може ушкоджуватися за дії на неї високої температури або полум'я, інфрачервоного випромінювання, переходу напруги з первинної обмотки силового трансформатора на вторинну, за підвищених режимів навантаження (нагрівання до високих температур і, як наслідок, при охолодженні конденсування води) тощо. Сила

струму КЗ може становити від одиниць до сотень кілоамперів. Струми КЗ викликають термічну і електродинамічну дію і супроводжуються різким зниженням напруги в електромережі. Струми КЗ можуть спричинити перегрівання елементів, що проводять струм, та розплавлення дротів (температура до 2000°C). Протікання провідником тривалого допустимого струму силою I пов'язано з виділенням тепла Q , Дж, і кількісно визначається законом Ленца-Джоуля:

$$Q = I^2 R t, \quad (1.1)$$

де I – сила тривалого припустимого струму, А;

R – активний опір, Ом ;

T - час проходження струму, с.

Час проходження струму КЗ не перевищує кількох секунд чи навіть долі секунди і залежить від дії апаратів захисту (плавких запобіжників, автоматичних вимикачів тощо). Відомо, що два провідники, якими проходить електричний струм, взаємодіють один з одним. Напрямок сили взаємодії визначається напрямком струму в провідниках. За однакового напрямку струму електродинамічні сили притягують провідники, за різних - відштовхують. При КЗ в мережі можуть виникати струми, котрі в десятки й сотні разів перевищують номінальні, тому електродинамічні сили намагаються деформувати провідники й ізолюючі елементи, на яких вони кріпляться. КЗ супроводжується різким зниженням напруги в електромережах. Внаслідок цього виникає частковий або повний розлад в електропостачанні споживачів.

Профілактика КЗ передбачає такі заходи:

- правильний вибір, монтаж і експлуатація електричних мереж, електрообладнання;
- правильний вибір конструкцій, електрообладнання, способу встановлення і класу ізоляції (опір ізоляції, згідно з ПБЕ (правилами будови електроустановок), 500 кОм);
- електричний захист електричних мереж, електрообладнання (швидкодіючі реле, автоматичні вимикачі, запобіжники).

2.3.2 Перевантажування

При проходженні струму провідниками виділяється тепло, яке нагріває їх до температур, за яких посилюються окислювальні процеси, на дротах утворюються оксиди, які мають високий опір, збільшується опір контакту й, відповідно, кількість тепла, що виділяється. А це спричиняє старіння або руйнування ізоляції. Наслідком цього може бути електричний пробій ізоляції та ушкодження пристрою, а за наявності займистої ізоляції, і пожежа або вибух. Оскільки кожний провідник розраховано на певний струм, то збільшення його може призвести до перевантаження.

Перевантаження може статися через помилковий розрахунок при проектуванні мереж і схем (занижений переріз дротів, перевантаження

радіоелементів, додаткове вмикання пристроїв до джерел живлення на які їх не розраховано), пониження напруги в мережі.

Профілактика пожеж від перевантажень:

- при проектуванні необхідно правильно обирати переріз провідників мереж і схеми з допустимою густиною струму, щоб $I_{дон.} \geq I_p$;
- в процесі експлуатації електричних мереж не можна додатково вмикати електроприймачі, якщо мережу на це не розраховано;
- для захисту електрообладнання від струмів перевантаження найбільш ефективні є автоматичні й електронні схеми захисту, вимикачі, теплові реле та плавкі запобіжники.

2.3.3 Перехідні опори

Причиною пожежі та аварій можуть стати великі перехідні опори, які виникають в місцях з'єднань та розгалужень провідників, в контактах пристроїв або на клемах, якщо ці з'єднання здійснено неправильно або покрито іржею.

При проходженні струму навантаження в такому контактному з'єднанні виділяється певна кількість тепла, пропорційна до струму у квадраті й опору у точці дотику. Вона може бути настільки велика, що місця перехідних опорів сильно нагріваються. Якщо контакти торкатимуться спалимих матеріалів, то ці матеріали можуть зайнятися, якщо ж є вибухонебезпечна суміш газів, - станеться вибух.

Профілактика пожеж від перехідних опорів:

- для збільшення площі дотику контактів слід використовувати пружні контакти або спеціальні сталеві пружини;
- для відведення тепла від точок дотику та його розсіювання необхідно виготовляти контакти певної маси і поверхні охолодження;
- всі контактні з'єднання повинні бути доступні для огляду.

Головним засобом запобігання пожеж і вибухів від електрообладнання є правильні вибір та експлуатація обладнання у вибухо- і пожежонебезпечних приміщеннях і виробництвах. Згідно з ПБЕ, приміщення (цехи, дільниці тощо) поділяються на пожежонебезпечні (П-I, П-II, П-III, П-III) й вибухонебезпечні (В-I, В-Ia, В-Iб, В-Iг, В-II, В-IIa) зони.

Пожежонебезпечна зона - це простір, де можуть перебувати займисті речовини, як за нормального технологічного процесу, так і за можливих його порушень.

Вибухонебезпечна зона - це простір, в якому є або можуть з'явитися вибухонебезпечні суміші.

За ступенем пожежної небезпеки пожеже небезпечні приміщення поділяються на такі класи:

П-I - приміщення, в яких використовуються або зберігаються тверді займисті рідини з температурою спалахування парів понад 61 °С (склади мінеральних мастил, насосні станції спалимих рідин).

П-II - приміщення, в яких виділяється займистий пил чи волокна з нижньою концентраційною межею займання більш, ніж 65 г/м³ до об'єму

повітря, які не можуть утворювати вибухонебезпечні суміші (деревообробні цехи, мало запилювані цехи, млини).

П-Па - приміщення, в яких знаходяться тверді займисті матеріали без виділення пилу й волокон (склади паперу, меблів).

П-ПІІ - зовнішні установки, в яких використовуються займисті рідини з температурою спалахування понад 61 °С або тверді займисті речовини (склади палива й деревини).

Вибухонебезпечні установки та приміщення поділяються на такі класи:

– за газом - В-І, В-Іа, В-Іб, В-Іг;

– за пилом - В-ІІ, В-ІІа.

В-І - приміщення, в яких виділяються займисті гази або пари легкозаймистих речовин в такій кількості і мають такі властивості, що можуть утворювати з повітрям вибухонебезпечні суміші (постійно є вибухонебезпечна концентрація) за нормальних умов роботи (завантаження – розвантаження технологічних апаратів, зберігання або переливання легкозаймистих речовин).

В-Іа та В-ІІа - приміщення, в яких вибухонебезпечні суміші утворюються внаслідок аварії або несправності апаратів, установок (за нормальних умов роботи технологічного обладнання вибухонебезпечні суміші не утворюються).

В-Іб - приміщення характеризуються такими ж показниками, як і в В-Іа, але мають такі особливості:

- займисті гази мають високу нижню границю вибуховості (15% і більше і різкий запах за гранично допустимих концентрацій);
- може мати місце локальна вибухонебезпечна концентрація;
- займисті гази легкозаймистих речовин знаходяться в таких кількостях, які в приміщенні не створюють загальної вибухонебезпечної концентрації, робота з ними проводиться без використання відкритого вогню. Ці приміщення відносять до вибухонебезпечних за умови, що робота виконується у витяжних шафах або під витяжною парасолою.

В-Іг - зовнішні установки, в яких містяться вибухонебезпечні пари, гази й легкозаймисті речовини (сховища легкозаймистих речовин).

В-ІІ - приміщення, в яких виділяється пил, який переходить до завислого стану, що здатний утворювати з повітрям та іншими окислювачами вибухові системи за нормальних нетривалих режимів роботи технологічних апаратів та обладнання.

2.4 Чинники, які впливають на пожежну безпеку об'єкта в надзвичайних ситуаціях

Пожежна безпека - такий стан об'єкта, за якого створюються можливості виникнення пожежі та її наслідків.

Неконтрольоване горіння, котре завдає матеріального збитку, називається пожежею.

Джерело запалювання характеризується температурою і часом дії.

Основними причинами виникнення пожежі на об'єктах за умов надзвичайних ситуацій є:

- руйнування котельних, трубопроводів з легкозаймистими пальними рідинами (ЛЗПР) або вибухонебезпечними рідинами й газами;
- коротке замикання електропроводки в пошкоджених і частково зруйнованих будівлях, спорудах, установках і пристроях;
- вибухи і спалахи деяких речовин і матеріалів (ацетон, цинк тощо);
- ураження блискавкою;
- порушення правил експлуатації технологічного устаткування;
- інші причини.

На виникнення й поширення пожеж впливають наступні чинники:

- пожежна небезпека виробництва;
- вогнестійкість будівель і споруд;
- щільність забудови об'єкту;
- метеорологічні умови;
- людські фактори.

2.5 Оцінювання стійкості об'єкта з погляду пожежної небезпеки в умовах надзвичайної ситуації

За показник стійкості об'єкта до дії вогню приймається мінімальне значення температури запалювання (енергії запалення, світлового імпульсу), за якого може статися спалах матеріалів (речовин) або конструкцій, будівель та споруд від джерел запалення, внаслідок чого виникне стійке горіння, котре призводить до пожежі на об'єкті.

Мінімальне значення температури запалювання (енергії запалення, світлового імпульсу) прийнято вважати межею стійкості об'єкта до дії вогню $T_{\text{заг.lim}}$, °C (E_{lim} , мДж; $U_{\text{св.lim}}$, кДж/м²).

Для оцінювання стійкості об'єкта до вогню потрібні такі вихідні дані:

- характеристика будівель, споруд, електричних мереж, електричних установок;
- вид виробництва і використовувані в технологічному процесі пальні речовини і матеріали, вид готової продукції;
- кількість пальних та вибухонебезпечних речовин, які зберігаються на території об'єкта та їхнє розміщення;
- очікуваний ступінь руйнування будівель, споруд і комунально-енергетичних мереж (КЕМ) при стихійних лихах.

Методику оцінювання стійкості об'єкта з погляду пожежної небезпеки в умовах надзвичайних ситуацій розглянемо на прикладі оцінювання стійкості одного з основних цехів промислового об'єкта.

Приклад. Оцінити стійкість складального цеху машинобудівного заводу (МБЗ) з погляду пожежної небезпеки в умовах землетрусу.

Вихідні дані - варіант 1 додатку 2.

Розв'язок:

1. Визначаємо можливі джерела запалення, їхню температуру запалювання і ступінь руйнування конструкцій будівлі, технологічного устаткування, КЕМ.

На підставі вивчення будівельно-технічної документації складального цеху встановили, що одноповерхова цегляна будівля, технологічне устаткування, КЕМ дістають слабких і середніх руйнувань за інтенсивності коливання земної кори 6,5 балів (додаток 3).

Пошкодження електромережі призведе до короткого замикання з виділенням великої кількості тепла в дротах, пропорційне до квадрата струму, що призведе до плавлення дротів і спалаху їхньої ізоляції. Температура плавлення алюмінію - 660,1°C, міді - 1083°C. Температура запалювання гуми - 220 °C, полівінілхлориду - 560 °C (додаток 4).

Отже, джерелом запалення стане максимальна очікувана температура плавлення алюмінію і міді (660,1°C і 1083°C). За таких температур розпочнеться стійке горіння електроізоляції та інших речовин і матеріалів, яке перейде в пожежу.

2. Визначаємо щільність забудови МБЗ і зону пожеж. Щільність забудови обчислюється за формулою:

$$П = \frac{S_n}{S_T} \cdot 100\% \quad (1.2)$$

де S_n - сумарна площа забудови виробничими і адміністративно-господарськими будівлями і спорудами, яка визначається за формулою:

$$S_n = \sum_{i=1}^n S_i \quad (1.3)$$

де S_i – виміряна площа, займана і-ою будівлею, дорівнює 1500 м²;
 n – кількість будівель, дорівнювана 10;
 S_T – виміряна площа всієї території МБЗ, дорівнює 50000 м².

Тоді:

$$П = \frac{1500 \cdot 100\%}{50000} \cdot 100\% = 30\%$$

За відстанню поміж будівлями і спорудами МБЗ (5...10 м) звертаємося до таблиці (додаток 5) і знаходимо величини ймовірного розповсюдження пожеж на території заводу. Вони дорівнюють відповідно відстані, 87 та 65%. За щільністю забудови МБЗ $П = 30\%$ і ймовірність розповсюдження пожеж 87 і 65% звертаємося до графіка (додаток 6) і визначаємо зону пожеж, яка може утворитися на території заводу, - це буде зона суцільних пожеж.

3. Визначаємо категорію пожежної небезпеки цеху.

У складальному цеху виробництво пов'язане з оброблянням металу в холодному стані (обточування, фрезерування деталей машин та їхне

збирання). Тому відповідно до класифікації виробництва з погляду пожежної небезпеки цех відноситься до категорії Д.

4. Визначаємо ступінь вогнестійкості будівлі складального цеху.

Необхідно вивчити характеристику за будівельно-технічною документації, визначити, з яких матеріалів (що не згоряють, є важко займисті, згоряють) виконано основні конструкції будівлі і яка їхня межа вогнестійкості. За основними конструкціями будівлі та межею вогнестійкості визначається ступінь вогнестійкості будівлі за допомогою табл. 1.1 та додатку 1.

Одноповерхова будівля цеху складається з таких основних конструкцій: несучих стін і перекриття, не несучих перегородок.

Стіни цегляні – вогнетривкий матеріал, межа вогнестійкості яких 2,5 години.

Перекриття залізобетонне – вогнетривкий матеріал, межа вогнестійкості – одна година.

Перегородки бетонні – вогнетривкий матеріал, межа вогнестійкості – 0,5 години.

За цими даними звертаємося до додатку 1,а і визначаємо, що будівля складального цеху належить до першого ступеня вогнестійкості.

5. Виявляємо в конструкціях будівлі, технологічному устаткуванні, електричних мережах елементи, виконані з палих матеріалів, і палні речовини, що є в цеху, і матеріали шляхом вивчення будівельної та технологічної документації.

Такими елементами, речовинами і матеріалами є: двері, віконні рами, виготовлені з ялинової деревини, забарвлені в темний колір; стрічка конвеєра з прогумованої тканини, ванна з гасом, електричний дріт в гумовій і полівінілхлоридній ізоляції, обгортувальний папір, гас, соснова дерев'яна арматура (вихідні дані, додаток 2).

6. Визначаємо температури запалювання, зазначені в п. 5, палих елементів, речовин і матеріалів (додаток 4).

7. Визначаємо межу стійкості складального цеху до дії вогню.

За межу стійкості цеху приймається мінімальне значення температури запалювання одного з елементів (речовини, матеріалу), перелічених в п. 5.

Таким чином, межею стійкості складального цеху до дії вогню є мінімальна температура запалювання газу, $t_{\text{зар.lim}} = 20 \dots 66 \text{ } ^\circ\text{C}$ (п. 6).

Об'єкт (цех) вважається стійким в пожежному відношенні за умови, що $t_{\text{зар.lim}} (E_{\text{lim}} ; U_{\text{св.lim}}) \geq t_{\text{зар.max}} (E_{\text{max}} ; U_{\text{св.max}})$.

В прикладі $t_{\text{зар.lim}} = 20-66 \text{ } ^\circ\text{C} < t_{\text{зар.max}} = 660,1-1083 \text{ } ^\circ\text{C}$ - цех нестійкий до дії вогню.

8. Висновки і заходи щодо підвищення пожежної стійкості.

Здобуті розрахункові й оцінені дані (пп. 1...7) зводять до табл. 1.1, аналізують, роблять висновки.

У висновках зазначають: межу стійкості цеху в пожежному відношенні, найбільш небезпечні до дії вогню елементи цеху, речовини і матеріали.

На підставі висновків окреслюють економічно доцільні конкретні заходи щодо підвищення пожежної стійкості найбільш небезпечних елементів, речовин і матеріалів.

Таблиця 1.1 - Результати оцінювання стійкості складального цеху МБЗ з пожежної безпеки в умовах надзвичайних ситуацій

Найменування об'єкта, його основні частини (конструкції), їхня характеристика і межа вогнестійкості, щільність забудови, %	Ступінь руйнувань будівель, устаткування, КЕС	Категорія пожежної небезпеки виробництва	Ступінь вогнестійкості будівель, споруд	Займисті елементи конструкцій будівель, речовини і матеріали, їхня характеристика	Температура запалювання елементів, метеріалів і речовин, °С	Межа пожежної стійкості об'єкту, °С	Зона пожеж
Складальний цех							
1. Будівля: одноповерхова цегляна, межа вогнестійкості несучих стін 2,5 год; покриття - залізобетонні плити, покриті рубероїдом, межа вогнестійкості -1 год	Слабкі й середні	Д	1	Двері і віконні рами з ялинової деревини, забарвлені в темний колір, рубероїд	241 303	20-66	Загальні
2. Технологічне устаткування: середні верстати, мийна машина, ванна з гасом; контрольно-вимірювальна апаратура, конвейер з прогумованою стрічкою				Прогумована тканина конвейерної стрічки, гас	270 20-66		
3. КЕМ: кабельна наземна лінія - мідний дріт в гумовій ізоляції з напругою 380 В, освітлювальна мережа - алюмінієвий дріт в полівініл-хлоридній ізоляції з напругою 220В; газопровід на металевих естакадах				Електричний ізоляційний матеріал: гума, полівініл-хлорид	220 560		
4. У складовому приміщенні зберігаються гас, папір, соснова дерев'яна арматура, П = 30%				Гас, папір, арматура	20-66 180 255		

Висновки:

1. Складальний цех нестійкий до дії вогню, оскільки

$$t_{\text{заг.lim}} < t_{\text{заг.max}}$$

2. Найбільшу пожежну небезпеку представляють: гас, електричний ізоляційний матеріал, стрічка конвеєра, дерев'яні вироби, папір і рубероїд.

Заходи:

1. Економічно доцільно підвищити межу пожежної стійкості до $t_{\text{заг}} = 300^{\circ}\text{C}$.
2. Двері і віконні рамки покрити вогнезахисною фарбою; при реконструкції будівлі, цеху замінити на металеві.
3. Наземний кабель з напругою 380 В помістити в металевий рукав, який закріпити на полу і заземлити.
4. Гас замінити на водний розчин типу хромпик.
5. У цеху обладнати напівпідвальне приміщення для зберігання горючих речовин і матеріалів.
6. Встановити схеми автоматичного відключення електромереж від підстанції, які спрацьовують при землетрусі силою до 4 балів.
7. Систематично проводити протипожежні заходи в цеху.

3 Ключові запитання

1. Які основні пожеже небезпечні властивості речовин і матеріалів?
2. Як визначається категорія приміщень та будівель виробництва за вибухо пожежною та пожежною небезпекою об'єкту?
3. Що таке пожежна небезпека виробництва?
4. Які чинники впливають на пожежну небезпеку об'єкту в умовах надзвичайних ситуацій?
5. Від чого залежить вогнестійкість будівель і споруд об'єкту?
6. Коротке замикання, причини виникнення і його вплив на пожежну небезпеку виробництва?
7. Що приймається за межу стійкості цеху до дії вогню?
8. Як впливає густина забудови на вірогідність розповсюдження пожеж?

4 Домашнє завдання

1. Теоретично підготуватись за літературою (1, 3, 4; дод.: 2, 3, 8, 12, 22, 31) з основними причинами виникнення пожежі на об'єктах в умовах надзвичайних ситуацій.
2. Підготуватись до обговорення з ключових питань.

5. Практичне завдання

1. Надати початкові данні об'єкта, характеристики будівель, споруд, технологічного устаткування і комунально-енергетичних мереж, а також вид надзвичайної ситуації згідно варіанту завдання (див. додаток 2).
2. Виконати оцінку стійкості об'єкту по пожежній небезпеці в умовах НС у такій послідовності:
 - 2.1. Визначення можливих джерел запалення, їх температур запалювання і ступеня руйнування будівель, технологічного устаткування, КЕМ об'єкта.
 - 2.2. Визначення густини забудови об'єкту (якщо не дана в початкових даних) і зони пожеж.
 - 2.3. Визначення категорії виробництва по пожежній небезпеці об'єкту.

2.4. Визначення ступеня вогнестійкості будівель і споруд об'єкта.

2.5. Виявлення речовин, що згорають, матеріалів і елементів конструкцій будівель, споруд, технологічного устаткування і комунально-енергетичних мереж об'єкту.

2.6. Визначення величин температур запалювання (енергії запалення, світлових імпульсів) речовин, що згорають, матеріалів і елементів об'єкта.

2.7. Визначення межі стійкості об'єкту і дії вогню.

3. Надати висновки і заходи що до підвищення пожежної стійкості об'єкту. Одержані розрахунки і оцінені данні, висновки і пропозиції занести у таблицю.

6. Зміст звіту

Звіт має містити:

- мету роботи;
- початкові данні згідно варіанту завдання;
- одержані розрахункові оцінені данні і пропозиції що до стійкості об'єкта, зведені до таблиці;
- висновки з роботи;
- дату й підпис студента.

Додаток 1 – Ступінь вогнестійкості будівельних матеріалів (ШИП 2.01.02-85)

Ступінь вогнестійкості будівель	Мінімальні межі вогнестійкості конструкція, г			
	стіни		Сходові майданчики, ступені, балки і марші сходових кліток	Плити, настили і інші несучі конструкції перекриттів
несучі, сходові	внутрішні ненесучі (перегородки)			
I	що не згорають 2,5	що не згорають 0,5	що не згорають 1	що не згорають 1
II	те ж 2	те ж 1		те ж 0,75
III	те ж 2	те ж 1		важкозаймисті 0,25
IV	важко займисті 0,25	те ж 0,25		те ж 0,25
V	не нормується			

Примітки:

1. Межа вогнестійкості будівельних матеріалів - період часу (години) від початку дії вогню на конструкцію до утворення в ній крізних тріщин або втрати конструкцією несучої здатності (обвалення). Межа вогнестійкості встановлюється дослідним шляхом.

2. Будівельні матеріали по займистості діляться на три групи: що не згорають, важко займисті і згорають.

Що не згорають - пісок, граніт, цеглина, бетон, залізобетон, сталеві конструкції, покриті вогнезахисною фарбою, і ін.

Важкозаймісті - асфальтовий бетон, склопластик, незахищені сталеві конструкції, дерев'яні конструкції, оброблені вогнезахисною обмазкою.

Що згорають - деревина, руберойд, толь, бітум, лінолеум, і ін.

Додаток 2 - Варіанти вихідних даних

№	Найменування об'єкта, щільність його забудови	Характеристика будівель, споруд об'єкта	Технологічне устаткування, речовини й матеріали, що використовуються в технологічному процесі виробництва	Характеристика комунальноенергетичних мереж (КЕМ)	Надзвичайні ситуації
1	Складальний цех П = 30 %	Будівля одноповерхова цегляна, перекриття із залізобетонних плит. Двері й віконні рами з ялинової деревини, забарвлені в темний колір. Границя огнестійкості несучих стін – 2,5 год., перекриття – одна година. Відстань від інших будівель – 10...15 м	Середні верстати, миюча машина, ванна з гасом конвеєр зі стрічкою з прогумовані тканини, контрольно-вимірювальні прилади (КВП). У складовому приміщенні зберігаються: гас, соснова дерев'яна арматура, обгортувальний папір	Газопровід на металевих естакадах. Наземний кабель: дріт мідний, ізоляція – гума, напруга 380 В. Відкрита розташовані усередині цеху освітлювальна електромережа: дріт алюмінієвий, ізоляція – полівінілхлорид, напруга 220 В	Землетруси 6,5 бала
2	Цех ректифікації органічних розчинників П = 30 %	Будівля з легким металевим каркасом з вогнезахисною фарбою, покрівельний матеріал – борулін, двері й віконні рами – металеві. Границя вогнестійкості – 2,5 год.	Гас, нафтовий толуол, ацетон, етиловий спирт, бензин, ацетон		Пряме влучання блискавки

		Відстань від інших будівель – 10...15 м			
3	Те саме, що й у п.2	Те саме, що й у п.2	Те саме, що й у п.2	Те саме, що й у п.2	Землетрус и 6 балів
4	Помпувальна станція з перекачування рідин П = 20 %	Будівля цегляна, перекриття залізобетонне, двері й віконні рами з соснової деревини, підлоги – лінолеум гумовий, релін. Границя вогнестійкості несучих стін – 2,5 год, перекриття – 0,75 год. Відстань від інших будівель – 15 м	Мастило, гас, масло індустричне 20, бензин, метіловий спирт, діхлоретан	Кабельна наземна лінія: дріт мідний, ізоляція гума, напруга 380 В. Освітлювальна прихована електромережа: дріт алюмінієвий, ізоляція – полістирол. Напруга 220 В	Землетруси 6 балів
5	Те саме, що й у п.4	Те саме, що й у п.4	Те саме, що й у п.4	Те саме, що й у п.4	Пряме влучання блискавки, $t_{max} = 2000^{\circ}C$
6	Промивально-пропарувальна станція тари. П = 30 %	Те саме, що й у п.5	Те саме, що й у п.5	Те саме, що й у п.5	Ураган $V = 20$ м/с
7	Цех приготування і транспортування деревної муки. П = 35 %	Будівля зі збірного залізобетону, перекриття – із залізобетонних плит, підлога – лінолеум полівінілхлоридний, двері й віконні рами – з ялинової деревини. Границя вогнистійкості несучих стін – 2 год, перекриття – одна година. Відстань від інших будівель – 5 м	Соснові стружки, масло	Кабельна наземна лінія: дріт мідний, ізоляція – гетінакс. Напруга 380 В. Освітлювальна електромережа: дріт алюмінієвий, ізоляція – вініпласт	Пряме влучання блискавки, $t_{max} = 2500^{\circ}C$
8	Те саме, що й у п.7	Те саме, що й у п.7	Те саме, що й у п.7	Те саме, що й у п.7	Ураган, $V = 24$ м/с
9	Деревопере-	Будівля дере-	Деревина	Кабельна на-	Землетрус

	робний цех, П = 45 %	в'яна, покрийнвельний матерiал – руберойд, пiдлога з ялинової деревини. Границя вогнестiйкостi – не нормується. Вiдстань вiд iнших будiвель – 15 м	соснова i ялинова, масло iндустрийне 12, мастило	земна лiнiя в рукавах: дрiт мiдний, iзоляцiя – гума, напруга 380 В. Освiтлювальна електромережа: дрiт алюмiнiєвий, iзоляцiя – гетiнакс	5,5 бала
10	Те саме, що й у п.9	Те саме, що й у п.9	Те саме, що й у п.9	Те саме, що й у п.9	Ураган, V = 18 м/с
11	Цех первинного обробляння бавовни, П = 40 %	Будiвля цегляна. Крiвля з соснової деревини, покрита вогнезахисною фарбою, дверi й вiконнi рами – з ялинової деревини. Границя вогнестiйкостi несучих стiн – 2 год, крiвлi – 0,75 год. Вiдстань вiд iнших будiвель – 10 м	Виляск, масло iндустрийне 50, мастило, метиловий спирт	Те саме, що й у п.9	Пряме влучання блискавки, tmax= 1200°C
12	Те саме, що й у п.11	Те саме, що й у п.11	Те саме, що й у п.11	Те саме, що й у п.11	Землетрус 6,5 бала
13	Столярний цех	Те саме, що й у п.11	Деревина соснова i дубова, масло iндустрийне 12, мастило, дiхлоретан	Те саме, що й у п.11	Ураган, V = 22 м/с
14	Трикотажний цех, П = 35 %	Будiвля триповерхова кам'яна, перекрита iз залiзобетонних плит, пiдлога – лiнолеум полiвiнiлхлоридний, дверi й вiконнi рами – з соснової деревини. Границя вогнестiйкостi несучих стiн – 2 год,	Лавсан, ацетон, метиловий спирт, масло iндустрийне 12, папiр	Те саме, що й у п.11	Землетрус 7 балiв

		переkritтя – одна год. Відстань від інших будівель – 5 м			
15	Швейний цех, П = 30 %	Те саме, що й у п.14	Капрон, лавсан, клейонка, масло індустрийне 20, папір	Те саме, що й у п.11	Ураган, V = 25 м/с
16		Те саме, що й у п.14	Те саме, що й у п.15	Те саме, що й у п.11	Землетрус 5,5 бала
17	Ливарний цех, П = 20 %	Будівля з важким залізобетонним каркасом і краном, устаткуванням 25 т. Границя вогнестійкості несучих стін – 2,5 год, переkritтя – одна година. Відстань від інших будівель – 25 м	Сірий чавун, масло касторове технічне, мастило	Кабельна наземна лінія: дріт мідний, ізоляція – гума, напруга 380 В. Освітлювальна електромережа: дріт алюмінієвий, ізоляція – Полівінілхлорид Напруга 220 В	Землетрус 7 балів
18	Механічний цех холодного оброблення металів, П = 40 %	Будівля цегляна, переkritтя із залізобетонних плит, покрівельний матеріал – рубероїд, двері й віконні рами з ялинової деревини	Сталь лита, залізо чисте, масло індустрийне 20, гас	Те саме, що й у п.17	Ураган, V = 19 м/с
19	Монтажно-складальний цех радіоелектронної промисловості П = 45 %	Те саме, що й у п.18 Відстань від інших будівель – 5 м	Текстоліт, плексиглас, бензин, етиловий спирт	Те саме, що й у п.17	Землетрус 5,5 бала
20	Те саме, що й у п.19	Те саме, що й у п.19	Те саме, що й у п.19	Те саме, що й у п.17	Пряме влучання блискавки t _{max} = 3500°C
21	Теплова електростанція	Будівля звичайної конструкції, переkritтя із залізобетонних	Мастило, масло трансформаторне, масло	Кабельна наземна мережа: дріт мідний, ізоляція –	Землетрус 5,5 бала

		плит, двері й віконні рами – металеві. Покрівельний матеріал – руберойд. Границя вогнестійкості несучих стін – 2 год, перекриття – 0,75 год. Відстань від інших будівель – 70 м	індустрійне 50	гума. Освітлювальна електромережа: дріт алюмінієвий, ізоляція – полівінілхлорид	
22	АЕС П = 30 %	Будівля з антисейсмічною конструкцією. Підлоги – лінолеум полівінілхлоридний, двері й віконні рами з соснової деревини. Границя вогнестійкості – 2,5 год. Відстань від інших будівель – понад 100 м	Масло трансформаторне, масло індустрійне 50. Масло касторове технічне	Те саме, що й у п.21	Землетрус 8,5 бала
23	Пресовий цех П = 25 %	Будівля з металевим каркасом з бетонним заповненням, покрівельний матеріал – борулін, двері й віконні рами металеві. Границя вогнестійкості несучих стін – 2 год, перекриття – 0,25 год. Відстань від інших будівель – 20 м	Масло індустрійне 50, масла індустріальні 20, толуол нафтовий	Те саме, що й у п.21	Землетрус 6,5 бала

Додаток 3 – Величини інтенсивного коливання земної кори в балах, які характеризують ступені руйнування елементів різних споруд при землетрусах (згідно міжнародної сейсмічної шкалі МК-64)

№ п.п	Найменування будівель, споруд, устаткування, комунально-енергетичних мереж і ін.	Руйнування			
		слабкі	середні	сильні	суцільні
1. Виробничі, адміністративні будівлі і споруди, житлові будинки					
1	Промислові будівлі з важким металевим або залізобетонним каркасом і устаткуванням крана вантажопідйомністю 25...50 т.	6-7	7-7,5	7,5-8	8,5-9
2	Те ж з устаткуванням крана вантажопідйомністю 60...100 т.	6-7	7-8	8-9	9-10
3	Будівлі з легким металевим каркасом і без каркасної конструкції	5-6	6-7	7-8	8-9
4	Бетонні, залізобетонні будівлі і будівлі антисейсмічної конструкції	6,5-8	8,5-10	10-10,5	11-22
5	Багатоповерхові залізобетонні будівлі з великою площею скління	4-6,5	6,5-7,8	7,5-9	9-10
6	Промислові будівлі з металевим каркасом і бетонним заповненням	5-6	6-7	7-7,5	7,5-8
7	Будівлі атомних і гідроелектростанцій антисейсмічної конструкції	7,5	7,5-8,5	8,5-9	9-11
8	Теплові і атомні електростанції звичної конструкції	5-6	6-7	7,5-8	8,5-9
9	Багатоповерхові кам'яні (цегляні) будівлі (три поверхи і більш)	4-5	5-6	6-7	7-7,5
10	Цегляні будівлі (один - два поверхи)	4-5,5	5,5-6,5	6,5-7,5	7,5-8
11	Будівлі із збірного залізобетону	5-6	6-7	-	7-8
12	Дерев'яні будинки	3-4	4-5	5-6	6-6,5
2. Промислові споруди і устаткування					
1	Електродвигуни (всіх типів)	5-7,5	8	8,5-9	9-10
2	Трансформатори від 100 до 1000 кВ	6-7	7-8	8-8,5	9-9,5
3	Трансформатори блокові	7-7,5	8-8,5	-	-
4	Генератори на 100...300 кВт	7-7,5	8-8,5	-	-
5	Верстати середні	5	6	7	-
6	Контрольно-вимірвальна апаратура	1-3	3-6	6-6,5	7
3. Комунально-енергетичні мережі					
1	Трубопроводи на металевих або залізобетонних естакадах	6-7	7-7,5	7,5-8	-
2	Кабельні наземні лінії	3-7	7-8	8-9	9,5
3	Повітряні лінії низької напруги	6-8,5	8,5-10	10-11	11-12

4	Розподільні пристрої і допоміжні споруди електростанцій	7-7,5	7,5-9	9-10	11
5	Електромережі і арматура до них, прокладені і встановлені усередині приміщень	Визначається з урахуванням ступеня руйнування будівель і споруд			

Додаток 3 а – Співвідношення швидкості вітру і балів (шкала Бофорта)

№	Швидкість вітру, м/с	Бали	Ступені руйнування
1	8,0-17,1	5-7	слабкі
2	17,3 -23,4	8-10	середні
3	24,0-33,0	11-12	сильні
4	33,0 і більш	14-17	суцільні

Додаток 4 – Пожеже небезпечні властивості речовин і матеріалів

№	Найменування матеріалу, речовини	Температура, °С		Схильність до вибухання	Мінімальна енергія запалення. мДж	Максимальна енергія запалення. мДж
		загорання	спалах			
1. Будівельні матеріали						
1	Алюміній	470	-	Займистий	0,025	660
2	Борулін, гідроізоляційний і покрівельний рулонний матеріал (азбест і бітум), товщина 2,5 мм	350	-	-	-	-
3	Деревина дубова	238	-	«»	-	-
4	Деревина ялинова	241	-	«»	-	-
5	Деревина соснова	255	-	«»	-	-
6	Плита деревяноволокниста	222	-	«»	-	-
7	Рубероїд, товщина 1 мм	303	-	«»	-	-
8	Толь	262	-	«»	-	-
2. Хімічні і інші речовини і матеріали						
1	Папір	180	-	займистий	-	-
2	Вініпласт	580	-	«»	-	-
3	Клейонка	325	-	«»	-	-
4	Капрон	395	-	«»	-	-
5	Лавсан	390	-	«»	-	-
6	Гума, прогумована	270	-	«»	-	-

	тканина					
7	Гетінакс	285	-	само-загаса-ючий	-	-
8	Полістирол	276	-	Займи-стий	-	-
9	Поліетилен	306	-	«»	-	-
10	Плексиглас	200	-	«»	-	-
11	Полівініл хлорид	560	-	«»	-	-
12	Текстоліт	358	-	«»	-	-
13	Деревна мука	-	-	«»	20	770
14	Лінолеум гумовий, релін	308	-	Займи-стий	-	-
15	Лінолеум полівінілхлоридний	330	-	«»	-	-
16	Ацетон, пропан	-20 +6		«»	0,85	893
17	Бензин	-30 +6		«»	-	-
18	Гас	20-66		«»	-	-
19	Гудрон нафтовий	285		«»	-	-
20	Мазут	60		«»	-	-
21	Масло індустриальне 12	164	-	«»	-	-
22	Масло індустриальное20	158	-	«»	-	-
23	Масло індустриальне 50	200	-	«»	-	-
24	Масло трансформаторне	180		«»	-	-
25	Масло касторове технічне	220	-	«»	-	-
26	Метилловий спирт	13		«»	0,5	740
27	Водень	-	-	«»	0,017	739
28	Пропан, газ	-	-	займи-стий	0,25	860
29	Толуол нафтовий	4	-	займи-стий	-	-
30	Етиловий спирт	13	-	займи-стий, вибухо небезпечний	0,65	750
31	Діхлоретан	9	-	займи-стий	-	-
32	Бавовна	260	-	-	-	-
3. Температура плавлення деяких речовин W, °C						
1	Алюміній	660,1				
2	Залізо чисте	1535				
3	Мідь	1083				
4	Сталь лита	1500				
5	Сірий чавун	1200				

Примітки:

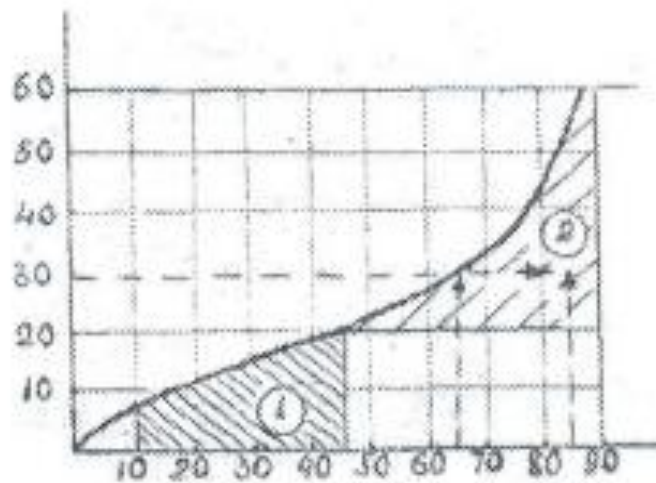
1. При прямому розряді на землю по каналу блискавки протікає струм до 250 кА, розігріваючий його до 3000 °С, представляючи велику пожежонебезпеку для горючих речовин і матеріалів.

2. Для паро- і газоповітряних сумішей мінімальна енергія запалювання (запалення) рівна 0,009-6мДж, запалі повітряних вибухонебезпечних сумішей - 10-260 мДж.

Додаток 5 – Орієнтовні значення вірогідності розповсюдження пожежі від будівлі до будівлі

Відстань між будівлями, м	0	5	10	15	20	30	40	50	70	90
Ймовірне розповсюдження пожеж, %	100	87	65	47	27	23	4	3	2	0

Додаток 6 – Графік залежності вірогідності виникнення і розвитку пожеж від густини забудови: 1 - зона окремих пожеж; 2 - зона суцільних пожеж



ПРАКТИЧНА РОБОТА № 2 МОНІТОРИНГ РАДІОАКТИВНИХ ЗАБРУДНЕНЬ

1 Мета роботи

Вивчити особливості впливу радіації на живі організми, види іонізуючих випромінювань, одиниці виміру доз, поглинених організмом людини під час перебування на забрудненій місцевості.

Одержати практичні навички в розрахунку величин поглинених доз й оцінці впливу величини, отриманої людиною, дози на його здоров'я й життя.

2 Ключові положення

Одними із самих небезпечних екологічних наслідків антропогенної діяльності людини є радіоактивні забруднення.

Основними джерелами радіоактивних забруднень можуть бути:

– ядерні вибухи (випробування атомної зброї, аварії й катастрофи з ядерними боєприпасами);

– викиди радіоактивних речовин (РР) під час аварій на атомних електростанціях;

– викиди РР під час аварій на підприємствах під час виробництва, переробки, зберігання, перевезення, поховання ядерного палива й РР;

– викиди РР під час аварій у науково-дослідних і проектних інститутах, що мають ядерні реактори;

– викиди РР під час аварій на об'єктах транспорту, що використовують ядерні енергетичні установки.

У наш час найбільшу небезпеку представляють аварії на атомних електростанціях.

Радіоактивні забруднення місцевості можуть значно змінити умови існування живих істот і викликати істотні екологічні наслідки.

Моніторинг радіоактивних забруднень має на меті визначити ступінь небезпеки й запропонувати необхідні міри профілактики, а також способи захисту людини й ліквідації екологічно небезпечних наслідків.

2.1 Іонізуючі випромінювання та одиниці їх вимірювань

Радіоактивні забруднення викликають опромінення живих організмів у результаті впливу на них іонізуючих випромінювань.

Назва “іонізуючі випромінювання” поєднує різні по своїй природі види випромінювань. Подібність між ними в тім, що всі вони мають високу енергію, реалізують свою біологічну дію через ефекти іонізації й наступний розвиток хімічних реакцій у структурах клітини, які можуть привести до її загибелі.

Іонізуюче випромінювання існувало на Землі задовго до появи людини й було в Космосі ще до появи Землі. Однак його негативний вплив на живі організми було виявлено випадково тільки наприкінці минулого століття французьким ученим Анрі Беккерелем. Він виявив на фотографічній пластинці прикритій шматками мінералу, що містить уран, сліди якихось випромінювань (1896 рік).

Цим явищем зацікавилася Марія Кюрі. В 1898 році вона і її чоловік П'єр Кюрі виявили, що випромінювання урану пов'язане з його перетворенням в інші елементи. Вони назвали один з елементів радієм (радій у перекладі означає – “випромінюючий”).

Так з'явилося поняття “радіоактивність”.

Іонізуючим випромінюванням (ІВ) називається квантове (електромагнітне) і корпускулярне (що складається з елементарних часток) випромінювання, під впливом якого в газоподібному, рідкому або твердому середовищі з нейтральних атомів і молекул утворюються іони (позитивні й негативні частки).

До квантового ІВ відносяться: ультрафіолетове, рентгенівське й гама-випромінювання.

До корпускулярного: альфа-випромінювання, бета-випромінювання й потоки часток (нейтронів, протонів й ін.).

Кількісною характеристикою випромінювання є **активність**, що оцінюється кількістю розпадів в одиницю часу.

У системі СІ за одиницю активності прийняте одне ядерне перетворення в секунду – **бекерель** (роз/с). Позасистемною одиницею є **кюрі** (Кі). Один кюрі характеризує активність такої кількості радіонуклідів, у якій відбувається 37 млрд. розпадів ядер у секунду. Це відповідає активності одного граму радію (але для урану-238 – 3 тони, для кобальту-60 – 0,001 г.).

Дози іонізуючих випромінювань

Міра дії ІВ у якому-небудь середовищі залежить від величини поглиненої енергії випромінювання й оцінюється дозою ІВ. Розрізняють експозиційну, поглинену й еквівалентну дози.

Експозиційна доза (Д) характеризує іонізуючу здатність випромінювання в повітрі.

У системі СІ за одиницю дози прийнятий Кл/кг – це така доза випромінювання, при якій в 1кг сухого повітря утворюються іони, що несуть 1 Кл електрики кожного знака. Для характеристики цієї дози практично використовують позасистемну одиницю – **рентген (Р)**. Один Р – це така доза гамма-випромінювання, під впливом якої в 1 см³ повітря утвориться 2,08 млрд. пар іонів. $1Р=2,58 \cdot 10^{-4}$ Кл/кг.

Експозиційна доза характеризує потенційні можливості іонізуючого випромінювання.

Поглинута доза (Дп) характеризує енергію ІВ, яка поглинута одиницею маси опроміненого середовища.

У системі СІ за одиницю поглинутої дози прийнято - Дж/кг, а також позасистемна одиниця - рад. Практично застосовуються **грей (Гр)** і **рад (рад)**.

$$1 \text{ Гр} = 1 \text{ Дж/кг} = 100 \text{ рад}$$

Один рад – це така поглинута доза, при якій один г речовини поглинає енергію у 100 ергів незалежно від виду енергії випромінювання.

Жива тканина поглинає 93% енергії випромінювання, тому $1\text{рад}=0,93\text{Р}$. Практично приймають рівність експозиційної й поглиненої дози, тобто $1\text{рад}=1\text{Р}$.

Еквівалентна доза Де визначає біологічний вплив на організм людини різних видів іонізуючих випромінювань, та служить для оцінки радіаційної небезпеки. Еквівалентна доза приводить біологічний ефект будь-яких видів ІВ до впливу, який викликається гамма променями

$$D_e = k D_p \quad (2.1)$$

де k – коефіцієнт якості випромінювання, що показує, у скільки разів біологічний ефект даного виду випромінювання відрізняється від такої ж дії гамма-випромінювання.

Для рентгенівського випромінювання $k = 1$, для нейтронного потоку до $k=10$, для альфа часток $k = 20$, тобто альфа випромінювання в 20 разів більш небезпечно, ніж гама або рентгенівське випромінювання.

Одиницею виміру еквівалентної дози в системі СІ є – **зиверт, (Зв)**. Один Зв відповідає поглиненій дозі один Дж/кг (для гамма-випромінювання).

Практично використовують позасистемну одиницю бер (біологічний еквівалент рентгена):

$$1 \text{ бер} = 0,01 \text{ Дж/кг}; 1 \text{ бер} = 0,01 \text{ Зв}; 1 \text{ Зв} = 100 \text{ бер}.$$

Поглинена й експозиційна дози, віднесені до одиниці часу, визначають рівень радіації (потужність дози) зараженої місцевості. Потужність дози характеризує збільшення дози в одиницю часу.

Рівень радіації (потужність дози) вимірюється, як правило, у рентген/година, рад/година, бер/година.

Величина поглиненої дози залежить від рівня радіації забрудненої місцевості й часу перебування на ній.

При наближених розрахунках, коли припускають, що рівень радіації не змінюється за час перебування на забрудненій місцевості, величину дози визначають, як:

$$D_p = P \cdot t_{\text{пер}}, \quad (2.2)$$

де D_p - величина поглиненої дози;

P - рівень радіації зараженої місцевості;

$t_{\text{пер}}$ - час перебування на зараженій місцевості.

Більш точно величину поглиненої дози можна розрахувати, якщо виміряти рівень радіації на початку (P_n) і наприкінці (P_k) перебування на зараженій місцевості:

$$D_n = \frac{P_n + P_k}{2} \cdot t_{\text{пер}} \quad (2.3)$$

За величиною поглиненої дози можна оцінити вплив на людину ІВ. Чим вище поглинена доза, тим більш негативними для людини можуть бути наслідки опромінення.

2.2 Дія радіації на організм людини

Дія ІВ не відчутна людиною, жодний орган відчуттів людини не фіксує вплив цих випромінювань. Людина може піддаватися опроміненню, поглинути, вдихнути радіоактивну речовину без будь-яких первинних відчуттів.

При вивченні дії ІВ на організм людини були виявлені наступні особливості:

- висока руйнівна ефективність поглинутої енергії ІВ. Навіть малі кількості енергії можуть викликати глибокі біологічні зміни в організмі;

- наявність прихованого періоду дії ІВ, (період уявного благополуччя) він може бути достатньо тривалим при опроміненні у малих дозах;

- вплив від малих доз може складатися або накопичуватись, цей ефект називається кумуляцією;

- випромінювання впливає не лише на даний живий організм, але й на його нащадків; цей ефект називається генетичним;

- різні органи живого організму мають певну чутливість до опромінення. Найбільш чутливі: червоний кістковий мозок, щитовидна залоза, внутрішні, особливо кровотворні органи, молочні залози, статеві органи;

- різні організми мають істотні відмінні особливості реакції на дози опромінення; найбільш чутливий до радіації плід дитини на 8...15-му тижнях вагітності, істотно піддаються впливу радіації діти;

- ефект опромінення залежить від частоти впливу ІВ; одноразове випромінювання у великій дозі викликає глибші наслідки, ніж фракційне.

Багаторічними дослідженнями, проведеними Науковим комітетом з впливу атомної радіації, створеним у рамках ООН, встановлені наступні граничні значення доз, що викликають різні зміни в організмі.

Дуже велика доза – 100 Гр (10000 рад) викликає настільки серйозні ураження в організмі, що смерть, як правило, настає протягом кількох годин чи діб.

При дозах опромінення від 10 до 50 Гр (1000...5000 рад) опромінена людина скоріше помре через один-два тижні від крововиливу у шлунково-кишковому тракту. При менших дозах смерть може наступити через один-два місяці від руйнування кліток червоного кісткового мозку - основного елемента кровотворної системи організму.

Від дози опромінення 3...5 Гр (300...500 рад) вмирає майже половина усіх опромінених (п'ятдесяти процентна смертельна доза).

Кровотворна система організму найуразливіша та припиняє нормальне функціонування при дозах опромінення 0,5...1 Гр (50...100 рад). Ці органи, однак, мають високу здатність відновлюватись, і якщо доза не досить велика, кровотворна система може повністю відновити свої функції.

Репродуктивні органи та очі мають також високу чутливість до опромінення. Одноразове опромінення сім'яників при дозі лише 0,1 Гр (10 рад) приводить до тимчасової стерильності чоловіків, доза понад 2 Гр (200 рад) може привести до постійної стерильності (або на довгі роки). Яєчники менш чутливі, однак дози понад 3 Гр (300 рад) можуть привести до безпліддя.

Для цих органів сумарна доза, отримана за кілька разів, більш небезпечна, чим одноразова на відміну від інших органів людини.

У світі накопичений досить великий досвід оцінки наслідків впливу радіації на організм людини. Завдяки зусиллям вчених і міжнародних організацій (Науковий комітет ООН по дії атомної радіації, Міжнародна комісія з радіологічного захисту, Всесвітня організація охорони здоров'я) вплив радіації вивчений значно краще, ніж дія багатьох інших шкідливих факторів. Однак, висновки й думки вчених істотно суперечливі від повного заперечення негативних наслідків малих доз радіації до категоричної рекомендації уникати будь-якого опромінення.

Тому, по-перше, варто пам'ятати, що будь-яке додаткове опромінення (крім природного повсякденного радіаційного фону) може викликати небажані наслідки навіть у віддаленому майбутньому.

З іншої сторони, поки не виявлено істотного впливу на здоров'я людини одноразового опромінення в дозах до 50 бер або багаторічного опромінення з інтенсивністю до 15 бер у рік.

Тому варто пам'ятати, що здоров'ю людини може бути нанесений набагато більший збиток від психоемоційної напруги – стресу, обумовленого необґрунтованим страхом.

Є наступні об'єктивні дані. Підвищена турбота про стан здоров'я, своєчасне лікування гострих хронічних захворювань, зубів, неухильне виконання рад лікаря, дотримання особистої гігієни дозволило в Японії підвищити тривалість життя осіб, опромінених від атомних вибухів (в 1945 році) при дозі до 50...100 бер, що не тільки не зменшилось, а навіть перевищує в цей час середню тривалість життя по країні.

Не виявлено досить переконливих даних, що після опромінення в дозах до 20 бер збільшується число пухлинних захворювань, скорочується тривалість життя й збільшується загальна смертність населення. В Японії, завдяки вжитим заходам, серед опромінених частка ракових хворих на порядок нижче, ніж в інших регіонах.

Багаторічні спостереження (більше 50 років) не виявили генетичних дефектів у більш ніж 30 тис. дітей, опромінених у Хіросімі й Нагасакі.

Однак, не слід ставитися до радіації занадто безтурботно, людський досвід ще занадто малий, а висновки можуть бути передчасні.

Офіційна точка зору вчених: будь-яке додаткове опромінення (крім природного повсякденного радіаційного фону) може викликати небажані наслідки навіть у віддаленому майбутньому.

Міжнародна комісія з радіологічного захисту допускає, що річна доза опромінення один бер може привести до скорочення терміну життя до п'яти днів. З огляду на те, що середня тривалість життя становить близько 25000 днів, ця величина (0,02%) може бути визнана незначною. Вона істотно менше збитку від паління (2500...4000 днів – близько 15 %), від алкоголю й інших шкідливих повсякденних звичок.

Вчені рекомендують не допускати опромінення від будь-яких джерел понад один бер у рік.

Передбачувана річна доза опромінення розраховується за умови, що рівень радіації буде мінятися повільно (найгірші умови):

$$D_r = P_n \cdot T_r, \quad (2.4)$$

де P_n – рівень радіації в цей час;

T_r – кількість годин у році (8736).

Для того щоб обрати вірну лінію поведінки, необхідно уявити величину можливого збитку й оцінити ступінь ризику, пов'язаних з наслідками аварії.

Доза за усе життя від усіх нуклідів може бути розрахована за наступною формулою (рекомендації комітету ООН):

$$D_{ж(бер)} = D_0 \cdot P_n (Ki/km^2), \quad (2.5)$$

де $D_{ж}$ – очікувана за 70 років після аварії доза зовнішнього й внутрішнього опромінення без мір захисту;

P_n – початкова щільність забруднення місцевості;

D_0 – коефіцієнт, величина якого залежить від швидкості міграції радіонуклідів у рослинних й м'ясомолочних продуктів споживання в залежності від типу ґрунтів середня величина $D_0=0,6$; для чорноземних ґрунтів $D_0=0,8$ (слабка міграція), для піщаних ґрунтів $D_0=0,2$ (швидка міграція).

Можливу (пов'язану з дозою опромінення) середню втрату життя людини (СВЖ) можна визначити за формулою, рекомендованою комітетом ООН:

$$СВЖ_{(діб)} = 5 \cdot D_{ж(бер)} \quad (2.6)$$

Ця формула відбиває вище наведене положення, що доза в один бер викликає можливу втрату життя до п'яти діб.

Приклад.

При щільності забруднення місцевості, викликаного аварією на АЕС, $40 Ki/km^2$ очікувана за життя доза дорівнює $0,6 \cdot 40 = 24$ бер, а середня втрата часу життя $5 \cdot 24 = 120$ діб. Ця втрата порівняна зі збитком від інших факторів ризику й багато менше збитку від паління.

Втрата життя від щоденного викурювання 20 сигарет відповідає шкоді від хронічного опромінення дозою близько 500 бер.

При оцінці впливу радіаційних забруднень на організм людини й прийнятті рішення про спосіб захисту потрібно керуватися наступними рекомендаціями:

– відповідно закону України 1991 р. “Про статус і соціальний захист громадян, які постраждали від наслідків Чорнобильської катастрофи” трудова діяльність здійснюється без обмежень, якщо додаткова доза за рахунок забруднення радіонуклідами території не перевищує 0,1 бер у рік (понад дози доаварійного опромінення);

– безумовне обов'язкове відселення людей здійснюється із забруднених територій, при проживанні на якій еквівалентна доза опромінення людини може перевищити на 0,5 бер у рік дозу доаварійного періоду;

– добровільне відселення людей здійснюється з територій, де людина може одержати додаткову дозу понад 0,1 бер у рік (понад доаварійного фону);

– громадянин може самостійно покинути забруднену територію, якщо при проживанні на ній він може одержати додаткову еквівалентну дозу більше семи бер за життя.

В умовах Одеси людина одержує щорічно дозу в межах від 250 до 450 мбер.

3 Ключові запитання

1. Яка мета моніторингу радіоактивних забруднень?
2. Види іонізуючих випромінювань.
3. Одиниці вимірювання активності випромінювання.
4. Що таке рівень радіації? Одиниці його виміру.
5. Що таке поглинена доза випромінювання?
6. Як розрахувати величину поглиненої дози?
7. Які особливості дії ІВ на організм людини?
8. Як визначити припустимий термін перебування людини на забрудненій місцевості?
9. Як оцінити величину можливого ушкодження здоров'ю?
10. Які міри захисту від впливу радіаційних забруднень?

4 Домашнє завдання

1. Теоретично підготуватись за літературою з видами ІВ, одиницями їх вимірювання та з дією ІВ на організм людини.
2. Підготуватися до обговорення з ключових питань.

5 Практичне завдання

У процесі заняття студенти повинні одержати навички розрахунку поглинених доз ІВ під час перебування людини на забрудненій місцевості й дати оцінку їхнього впливу на здоров'я людини.

Рішення завдань здійснюється згідно зазначених у таблиці 2.1 вихідних даних. У ході заняття повинно бути вирішено не менш одного ситуаційного завдання й не менш двох інших типів завдань.

Приклади практичних завдань

1. Визначення можливої поглиненої дози при роботі на забрудненій території. Групі фахівців потрібно працювати протягом T_1 доби на забрудненій у результаті аварії з викидом РР місцевості. Визначити поглинену дозу, яку одержить склад групи, якщо потужність дози (рівень радіації) дорівнює P_1 мбер/рік.

Оцінити величину збитку здоров'ю людини.

2. Визначення можливого часу робіт на забрудненій території.

Групі фахівців потрібно працювати на забрудненій у результаті аварії з викидом РР території. Визначити доцільний час роботи (діб), щоб поглинена доза, яку одержить склад групи не перевищувала 5 бер, якщо потужність дози до цього часу (до початку робіт) склала P_2 мбер/рік.

Оцінити величину збитку здоров'ю людини.

3. Визначення можливої поглиненої дози при роботі на забрудненій місцевості.

Група фахівців має працювати протягом T_3 доби на забрудненій у результаті аварії з викидом РР місцевості. Визначити поглинену дозу, яку одержить склад групи, якщо потужність дози (рівень радіації) на початку роботи склала $P_{3н}$ мбер/рік наприкінці роботи $P_{3к} = 0,5 \cdot P_{3н}$ мбер/рік.

Оцінити величину збитку здоров'ю людини.

4. Визначення річної поглиненої дози.

Визначити річну поглинену дозу при перебуванні на забрудненій після аварії на АЕС місцевості, якщо рівень радіації становить $P_4 = P_2$ мбер/рік.

Оцінити величину збитку здоров'ю людини

5. Визначення збитку від всіх наслідків опромінення.

Визначити дозу за все життя, середню втрату життя при проживанні на забрудненій території, якщо початкова щільність забруднення місцевості довго існуючими радіонуклідами (цезій, стронцій) склала P_5 Кі/км².

Оцінити величину збитку здоров'ю людини.

Приклади ситуаційних завдань

6. Проаналізувати наведену ситуацію, виконати розрахунки.

Людині пропонують роботу на забрудненій у результаті аварії з викидом РР місцевості при рівні радіації в цей час P_6 мбер/рік.

Рівень радіаційного фону місцевості постійного проживання дорівнює $D_{фд}$.

Оцінити можливий збиток здоров'ю людини, прийняти рішення й сформулювати рекомендації по зменшенню збитку.

7. Об'єкт зв'язку виявився на забрудненій у результаті аварії на АЕС місцевості. Рівень радіації дорівнює P_7 мбер/рік.

Визначити граничний строк початку евакуації людей. Оцінити можливий збиток здоров'ю людини, прийняти рішення й сформулювати рекомендації щодо зменшенню збитку.

Таблиця 2.1 - Варіанти вихідних даних для рішення завдань

Варіант	P1, T1	P	P3 _н T	П5	P6	P7	Дфд
01	10 02	0	03 03	050	0,02	0,04	250
02	15 02	2	05 03	060	0,03	0,03	250
03	20 03	1	04 03	070	0,03	0,03	250
04	05 04	0	03 03	080	0,05	0,05	300
05	12 05	0	12 06	090	0,06	0,06	300
06	14 06	0	13 02	100	0,07	0,07	300
07	05 07	0	15 09	110	0,09	0,08	350
08	10 08	1	16 25	120	0,15	0,25	300
09	15 09	1	21 10	130	0,25	0,50	450
10	25 10	1	34 03	140	0,03	0,03	250
11	10 11	1	12 03	150	0,04	0,05	300
12	10 12	0	09 06	160	0,05	0,06	300
13	13 13	0	08 02	170	0,06	0,07	300
14	15 14	0	06 09	180	0,09	0,08	350
15	20 15	0	05 25	200	0,15	0,25	300
16	10 16	1	06 10	240	0,25	0,50	450
17	15 17	0	05 03	260	0,03	0,03	250
18	25 18	0	04 04	300	0,95	0,85	400
19	10 19	0	09 06	350	0,50	1,15	450
20	14 20	0	10 25	400	2,00	2,50	300
21	16 21	0	10 75	450	3,00	3,00	350
22	10 22	0	12 06	500	0,05	0,06	300
23	14 23	0	15 02	550	0,06	0,07	300
24	25 24	0	06 09	600	0,09	0,08	350
25	20 25	1	05 25	650	0,15	0,25	300

6 Зміст звіту

Звіт має містити:

- мету роботи;
- стислий опис дії радіації на організм людини та одиниці вимірювання ІВ;
- обчислення й результати рішення практичних та ситуаційних завдань з рекомендаціями по зменшенню збитку здоров'ю людини;
- висновки по роботі, дату й підпис студента.

ПРАКТИЧНА РОБОТА № 3 ЗАХИСТ ЛЮДИНИ ВІД ВИРОБНИЧОГО ШУМУ

1 Мета роботи

Ознайомитися з методикою дослідження виробничого шуму: методами нормування, приладом і методами вимірювання, засобами захисту.

2 Ключові положення

Дія шуму на людину залежить від багатьох факторів: характеристик шуму, тривалості дії, індивідуальних особливостей людини (її фізичного і психічного стану). Шкідлива дія шуму відбивається, перш за все, на органах слуху і виражається в трьох формах: стомлення слуху, шумові травми, професійна туговухість.

Шум шкідливо діє на фізіологічні процеси, що викликає: по-перше, звуження капілярів, підвищення артеріального тиску і розлад серцево-судинної діяльності, підвищення вмісту цукру в крові; а по-друге, спазми кишечника, зниження скорочень шлунку і виділення шлункового соку і слини, що приводить до виразки і гастритів.

Шум діє безпосередньо на кору головного мозку.

2.1 Фізичні та психофізіологічні характеристики шуму

Шум – хаотичне сполучення звуків різної частоти та інтенсивності (сили).

Звук – пружні коливання частинок пружного середовища (рідкого, твердого, газоподібного), які розповсюджуються у вигляді хвиль.

Фізичні характеристики: частота коливань, інтенсивність звуку (сила), звуковий тиск.

Частота f – число коливань за секунду, визначається швидкістю розповсюдження і довжиною звукової хвилі, Гц.

В залежності від частоти звуку діляться на: інфразвуки - частотою менше 17 Гц, звуки в межах – 17...20000 Гц, які людина сприймає органом слуху (з віком цей діапазон звужується), ультразвуки - частотою більше 20000 Гц.

Людина зовсім не приймає інфразвук органом слуху, але звук величиною 6 Гц викликає почуття втоми, 7 Гц – особливо небезпечний, так як може викликати зупинку серця, 5 Гц – пошкоджує печінку, а деякі частоти можуть викликати напад божевілля.

Інтенсивність (сила) звуку - потік звукової енергії, яка проходить за одиницю часу через одиницю поверхні, перпендикулярної до напрямку розповсюдження звукової хвилі:

$$I = \frac{p^2}{\rho c}, \text{ Вт/м}^3 \quad (3.1)$$

де p – звуковий тиск,

Па; ρ - густина середовища, кг/м³;

c - швидкість звуку, м/с.

У випадку точкового джерела звуку випромінювана їм енергія розповсюджується у вигляді сферичної хвилі. На далекій відстані від точкового джерела можна уявити, що звукова хвиля рухається по закону плоскої хвилі.

Звуковий тиск - різниця між миттєвим значенням повного тиску при проходженні звукової хвилі через дану точку простору і середнім тиском у спокійному середовищі.

Психофізіологічні характеристики: частотний інтервал, гучність, рівень гучності.

Слуховий аналізатор людини - вухо, розрізняє звуки в діапазоні від 16 до 20000 Гц. Звуки різних частот сприймаються органом слуху неоднаково. Зона резонансних частот, в якій звук посилюється у сприйнятті людини, лежить в межах 2...5 тисяч Гц. Збільшення частоти звуку суб'єктивно сприймається як його зростання.

Частотний проміжок чутності - розподілення діапазону частот звуків чутливості на октавні смуги частот.

Октавна смуга частот (октава) – діапазон частот, в якому верхня гранична частота f_B вдвічі більша за нижню граничну частоту f_H . Октава характеризується своїм середньо геометричним значенням:

$$f_{cp.r} = \sqrt{f_B \cdot f_H} \quad (3.2)$$

Діапазон чутливості людини розділений на дев'ять октав із середньо геометричними значеннями: 31,5; 63; 125; 250; 500; 1000; 2000; 4000; 8000 Гц.

Гучність – суб'єктивна оцінка звуку величиною відчуття, що сприймається вухом.

Прямої залежності між фізичними характеристиками звуку і його фізіологічним сприйманням немає. Це пов'язано з особливостями слухового апарату людини. З посиленням звуку людина відчуває підвищення його гучності, яке набагато менше ніж реальне збільшення звукової енергії або звукового тиску.

На слуховий апарат людини діє середньоквадратична величина звукового тиску:

$$p = \sqrt{\frac{1}{T_0} \int p(t) dt}, \text{ Па} \quad (3.3)$$

де $T_0 = 30...100$ мс - час сприйняття звуку органом слуху людини.

Область звуків, які чує людина, обмежена як частотним діапазоном, так і пороговим значенням звукового тиску.

Для еталонної частоти 1000 Гц визначені порогові значення звукового тиску: поріг чутності, при якому людина ще розрізняє звук, $p_0 = 2 \cdot 10^{-5}$ Па; больовий поріг, виникає біль в слуховому органі людини, $p_6 = 2 \cdot 10^2$ Па.

Порогові значення звукового тиску різні для звуків різних частот. Згідно закону Вебера-Фехнера зміна сприйняття чутності звуку пропорційна десяткового логарифму відношення створеного цим звуком тиску до порогового значення звукового тиску на частоті 1000 Гц:

$$L = 20 \lg \frac{P}{P_0}, \text{ дБ} \quad (3.4)$$

де L – рівень звукового тиску, дБ.

За одиницю виміру рівня звуку прийнято Белл, що відповідає відчуттю зміни звуку в 2 рази. Але вухо людини чітко розрізняє зміну рівня на десяткову долю Бела, тобто на 1 дБ.

На рис. 3.1 показана зона слухового сприйняття людини по частоті та рівню. На частоті 1000 Гц поріг відчуття по рівню відповідає $L_0 = 0$ дБ; больовий поріг на частоті 1000 Гц по рівню складає $p_6 = 130$ дБ.

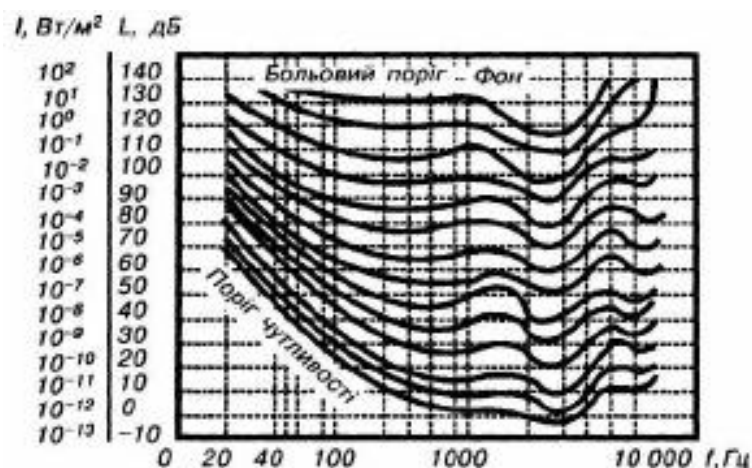


Рисунок 3.1 – Криві рівної гучності

Рівень звукового тиску використовують для вимірювання шуму і оцінки його дії на людину.

Рівень гучності – фізіологічна оцінка звуку в залежності від частоти.

Рівень гучності визначається суб'єктивними порівняннями гучності певного звуку частотою 1000 Гц, прийнятого за рівень гучності в фонах.

Приклад. Якщо звук з частотою 100 Гц і рівнем 50 дБ сприймається на слух рівногучним, тобто викликає одне і теж відчуття з звуком частоти 1000 Гц і рівнем 20 дБ, тобто його рівень гучності приймається рівним 20 фонам.

3.2 Класифікація шуму

Шум класифікується по спектру і за часовими характеристиками.

Частотний спектр - розподілення рівнів звукового тиску по октавним смугам частот. Спектр представляється в вигляді таблиці або графіка. По характеру спектра шум поділяється на: широкопосмуговий - з суцільним спектром шириною більше одної октави; тональний - з дискретним спектром, в якому частотні складові відокремлені одна від одної значними частотними проміжками. За часовими характеристиками шум поділяється на: постійний, рівень якого за 8-годинний робочий день (робочу зміну) змінюється в часі не більше ніж на 5 дБ; непостійний (перервний, імпульсивний, який коливається в часі), рівень звуку якого за 8-годинний робочий день (робочу зміну) змінюється в часі більше ніж на 5 дБ.

3.3 Нормування шуму

Нормування шуму полягає в визначенні та виборі допустимих величин, які характеризують шум, які при постійній дії на робітників, на протязі всього періоду трудової діяльності не приводять до захворювань.

Нормування шуму проводять двома методами: по граничному спектру та по рівню звуку в дБА.

Граничний спектр (ГС) – сукупність гранично допустимих рівнів звукового тиску в 9 октавних смугах частот з середньо геометричними значеннями 31,5; 63; 125; ...; 8000 Гц.

Приклад: ГС-80 означає – граничний спектр з допустимим рівнем звукового тиску 80 дБ в октавній смузі з середньо геометричними значенням частоти 1000 Гц.

Нормування по граничному спектру є основним для постійного шуму при різній тривалості його дії.

Нормування шуму по рівню звуку в дБА засновано на вимірюванні по шкалі А шумоміра, який імітує чутливість органу слуху до шуму різної гучності. Рівень звуку L_A в дБА використовується для орієнтовної оцінки постійного і непостійного шуму, так як при цьому не враховується його спектр.

Рівень звуку L_A , дБА пов'язаний з відповідним граничним спектром залежністю:

$$L_A = \text{ГС} + 5, \text{ дБА} \quad (3.5)$$

Шум на робочих місцях не повинен перевищувати допустимих рівнів, значення яких приведені в табл.

Зони з рівнем звуку вище 85 дБА повинні бути позначені знаками небезпеки. Працюючих в цих зонах адміністрація зобов'язана забезпечити засобами індивідуального захисту.

3.4 Засоби та методи захисту від шуму

Згідно діючих правил зниження шуму можливо досягти розробкою шумобезпечної техніки, застосуванням засобів та методів захисту від шуму.

Засоби і методи захисту від шуму поділяються на засоби і методи колективного захисту та засоби індивідуального захисту. Засоби

індивідуального захисту від шуму включають: протишумові навушники; протишумові вкладиші; протишумові шлеми та каски; протишумові костюми.

3.5 Визначення необхідного зниження шуму на робочому місці

Необхідне зниження шуму на робочому місці в приміщенні, де знаходиться одно із джерел шуму, визначається за формулою:

$$\Delta L_{\text{необ.}} = L - L_{\text{доп.}}, \text{ дБ} \quad (3.6)$$

де L – октавний рівень звукового тиску,
дБ - або рівень звуку,
дБА, створений джерелом на робочому місці (вимірюється шумоміром);

$L_{\text{доп}}$ – допустимий октавний рівень звукового тиску,
дБ або допустимий рівень звуку, дБА (визначається за табл. 3.1).

Таблиця 3.1 – Допустимі рівні звуку

№ п/п	Робочі місця	Рівні звукового тиску (дБ) в октавних смугах з середньгеометричними частотами (Гц)								
		31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
1	Приміщення конструкторських бюро, розрахункових обчислювальних машин, лабораторій для теоретичних робіт і обробки експериментальних даних	78	71	61	54	49	45	42	40	38
2	Приміщення управління, робочі кімнати	87	79	70	68	63	55	52	50	49
3	Кабіна спостереження і дистанційного управління: а) безмовного зв'язку по телефону; б) з мовним зв'язком по телефону.	102	94	87	82	78	75	73	71	70
		92	83	74	68	63	60	57	55	54
4	Приміщення і відділення точної збірки,	91	83	74	68	63	60	57	55	54

	машинописного бюро									
5	Приміщення лабораторій для проведення експериментальних робіт, для розміщення шумних агрегатів обчислювальних машин	101	94	87	82	78	75	73	71	70
6	Постійні робочі місця і робочі зони в виробничих приміщеннях, постійні робочі місця стаціонарних машин	105	99	92	86	83	80	78	76	74

3.6 Зниження шуму звукоізолюючим кожухом

Під звукоізоляцією кожуха розуміється зниження звукової потужності шуму, випроміненого джерелом в оточуючий простір, в результаті установки на джерело звукоізолюючого кожуха.

Звукоізолюючий кожух в ряді випадків являється єдиним ефективним засобом зниження шуму від технологічного обладнання або його окремих вузлів. Кожух дозволяє суттєво знизити шум безпосередньо близько від працюючого обладнання на найближчих до джерела робочих місцях, що неможливо зробити іншими акустичними засобами.

Кожух може закривати повністю джерело шуму і встановлюватись на підлогу приміщення, а може закривати лише «найбільш шумну частину» машини, через особливість експлуатації і обслуговування джерела шуму, і кріпиться до станини через віброізолюючі прокладки. Конструктивні варіанти кожуха також можуть бути різні: кожух може щільно обхвачувати джерело шуму, може встановлюватись на певній відстані від джерела.

2.7 Зниження шуму звукопоглинаючою облицьовкою

Використання звукопоглинаючої облицьовки, якщо необхідне зниження шуму $\Delta L_{\text{необ}}$. виявиться вище вказаних границь, то для зниження шуму крім звукопоглинаючої облицьовки необхідно передбачити використання додаткових засобів захисту від шуму, наприклад, звукоізолюючого кожуха, акустичного екрану і ін.

Звукопоглинаючі облицьовки поділяються на дві групи: облицьовки із жорстких однорідних звукопоглинаючих матеріалів без перфорованого покриття і облицьовки з перфорованим покриттям.

Звукопоглинаючі облицьовки можуть кріпитися безпосередньо на поверхні огорожі, або з повітряним проміжком. Самовільна зміна параметрів

конструкції облицівки неприпустима, так як це сильно змінює її акустичні характеристики.

2.8 Зниження шуму акустичним екраном

Акустичні екрани слід використовувати, якщо необхідне зниження шуму $\Delta L_{\text{необ.}}$ складає 8...20 дБ в поєднанні із звукопоглинаючою облицівкою приміщення, в першу чергу стелі.

Екрани виготовляють із суцільних листів або щитів з обов'язковою облицівкою звукопоглинаючим матеріалом поверхні, зверненої до джерела шуму. Товщина шару звукопоглинаючого матеріалу повинна бути не менше 50 мм.

Лінійні розміри акустичного екрану повинні бути не менше ніж в 3 рази більше лінійних розмірів джерела шуму. Кращі екрани П-образної форми.

2.9 Розрахунок звукоізоляції кожуха

Звукоізоляція кожуха залежить від його форми, розмірів, способу установки, звукоізоляції стінок, наявності звукопоглинаючої внутрішньої облицівки, а також розмірів джерела шуму.

Необхідна звукоізоляція кожуха $R_{\text{г.необ.}}$ визначається:

$$R_{\text{г.необ.}} = L - L_{\text{доп.}} + 5 \quad (3.7)$$

Визначення необхідної звукоізоляції стінок (граней) кожуха Для суцільного герметичного кожуха кубічної форми (або в формі прямокутного паралелепіпеда), повністю закриваючого джерело шуму, потрібна звукоізоляція для кожної грані $R_{\text{г.необ.}}$ буде однаковою і визначається:

а) для кожухів із звукопоглинаючою облицівкою:

$$R_{\text{г.необ.}} = R_{\text{к.необ.}} - 10 \lg a_{\text{обл.}} \quad (3.8)$$

де $a_{\text{обл.}}$ – коефіцієнт звукопоглинання облицівки (табл. 3.2).

Таблиця 3.2 – Показники звукопоглинання облицівки

Матеріал облицівки	Густина, кг/м ³	Товщина, мм	Частоти, Гц							
			31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000
Паралон	20	30	0,12	0,15	0,2	0,22	0,3	0,75	0,77	0,71

б) для необлицьованих кожухів:

$$R_{\text{г.необ.}} = R_{\text{к.необ.}} - \lg \frac{S_k}{S_{\text{ож}}} \quad (3.9)$$

де S_k - площа поверхні кожуха, м²;

$S_{дж}$ - площа поверхні джерела шуму, m^2 .

Вибір розмірів і матеріалу граней кожуха.

Якщо кожух має плоскі грані однакового розміру, товщина і матеріали стінок вибираються такими, щоб звукоізоляція грані була не нижча $R_{г.необ.}$ у всьому діапазоні частот.

Якщо кожух має грані різного розміру, то товщина граней береться однаковою і значення звукоізоляції для меншої грані повинно перевищувати $R_{г.необ.}$ у всьому діапазоні частот. Звукоізоляція граней вибирається по графікам.

На рис. 3.3 запропоновані частотні характеристики звукоізоляції пластин із органічного скла в залежності від товщини листа і його розмірів.

Розрахунок додатково звукоізоляції грані звукопоглинаючим матеріалом.

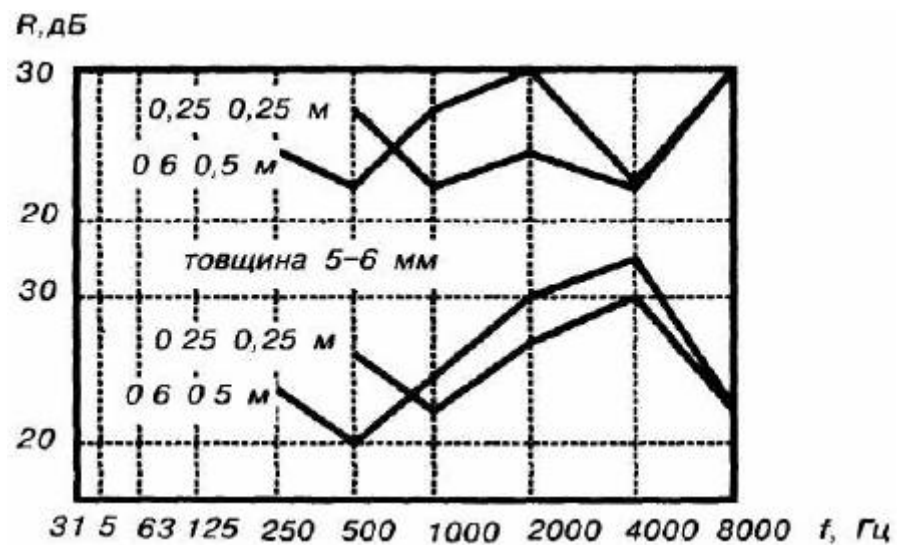


Рисунок 3.3 – Частотні характеристики звукоізоляції пластин

Товщина звукопоглинаючого матеріалу повинна бути не менше 30 мм. Найближчу оцінку додаткової звукоізоляції від облицівки дають графіки. На рис. 3.4 представлена частотна характеристика звукоізоляції шаром облицівки товщиною 30.. 50 мм, щільністю 20 кг/м^3 при розмірах грані не менше 1 м. В кожухах неоднорідної конструкції (при наявності проемів різної форми, отворів тощо) необхідно додатково розраховувати звукоізоляцію цих елементів.

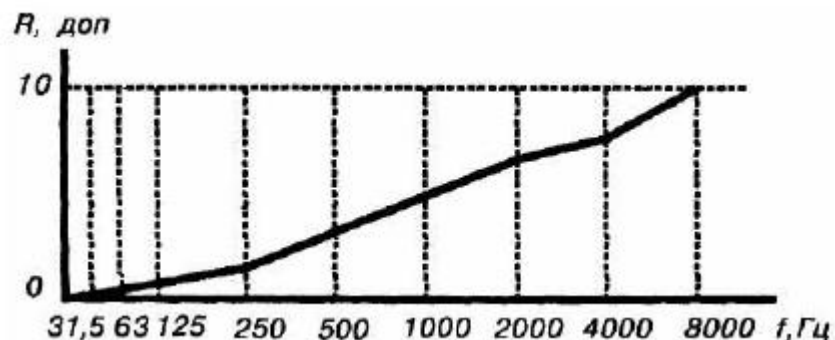


Рисунок 3.4 – Оцінка звукоізоляції

Розрахунок звукоізоляційної облицівки.

Величина максимального значення рівня звукового тиску ΔL дБ в кожній октавній смузі в розрахунковій точці, розміщеній в зоні постійного перебування людей, не зв'язаних з роботою обладнання, при застосуванні звукоізоляційної облицівки, визначається за формулою:

$$\Delta L = 10 \cdot \lg \frac{V_{обл} \cdot \Psi}{V \cdot \Psi_{обл}}, \text{ дБ} \quad (3.10)$$

де V , $V_{обл}$ – постійні приміщення, м^2 , відповідно до і після установки в ньому звукоізоляційної облицівки, визначаються за формулами (3.8) і (3.10) відповідно;

Ψ , $\Psi_{обл}$ – коефіцієнти, які визначаються за рис. 3.5 відповідно до і після установки звукоізоляційної облицівки.

$$V = V_{1000} \cdot \mu \quad (3.11)$$

де V_{1000} – постійна приміщення, м^2 на частоті 1000 Гц, яка залежить від об'єму і типу приміщення: для приміщень лабораторій.

$$V_{1000} = V/100 \quad (3.12)$$

де V - 147 м^3 – об'єм приміщення лабораторії (6x7x3,5);
 μ – частотний множник визначається за табл 3.3

Таблиця 3.3 – Частотні множники

Частоти, Гц	31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
μ	0,75	0,8	0,75	0,7	0,8	1,0	1,4	1,8	2,5

$$V_{обл} = \frac{A + \Delta A}{1 - a_1} \quad (3.13)$$

де A – величина звукопоглинання необлицьованих огорожуючих поверхонь, визначається за формулою:

$$A = a(S_{огор} - S_{обл}) \quad (3.14)$$

де a – середній коефіцієнт звукопоглинання в приміщенні до установлення звукопоглинаючої облицівки визначається за формулою:

$$a_1 = \frac{B}{B + S_{огор}} \quad (3.15)$$

де B – постійна приміщення, визначається за формулою (3.11);
 $S_{огор}$ – загальна площа огорожуючих поверхонь приміщення, m^2 ;
 a_1 – середній коефіцієнт звукопоглинання в приміщенні із звукопоглинаючими конструкціями, визначається за формулою:

$$a_1 = \frac{A + \Delta A}{S_{огор}} \quad (3.16)$$

де ΔA – величина додаткового звукопоглинання, визначається за формулою:

$$\Delta A = a_{обл} \cdot S_{обл} \quad (3.17)$$

де $a_{обл}$ – ревербераційний коефіцієнт звукопоглинання в октавній полосі частот, що розглядається,

$S_{обл}$ – площа звукопоглинаючої облицьовки m^2 , визначається за формулою:

$$S = \frac{\Delta A_{необ}}{a_{обл}} \quad (3.18)$$

де $\Delta A_{необ}$ – величина потрібного звукопоглинання, що забезпечує задане зниження рівня звукового тиску і визначається по номограмі (рис. 3.5) за відомими величинами,

$S_{огор}$ і $\Delta L_{необ}$, визначеного за формулою (3.9).

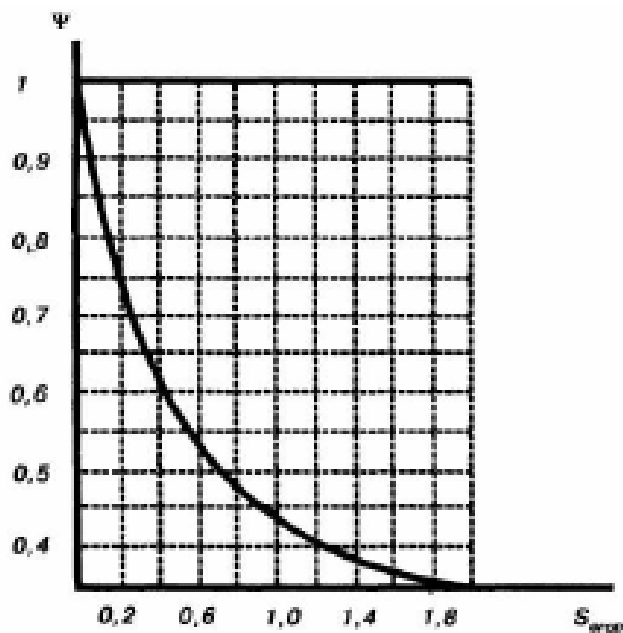


Рисунок 3.5 – Графік залежності ψ від $S_{огор}$

Якщо в результаті розрахунку площа звукопоглинаючої облицівки $S_{обл}$ виявиться більше площі, можливої для облицівки в одному приміщенні $S_{огор}$, то $S_{обл}$ треба прийняти максимально можливою, а додаткове звукопоглинання забезпечити застосуванням штучних поглиначів.

3.10 Вимірювання шуму і рівня звуку

Виміряти рівень звуку і спектр шуму джерела при відсутності засобів захисту від шуму, порівняти виміряні рівні з допустимими. Виміряти рівень звуку і спектр шуму джерела при наявності засобів захисту від шуму, порівняти виміряні рівні з допустимими, оцінити ефективність засобів захисту від шуму. Шум на робочих місцях в виробничих приміщеннях вимірюється на рівні 1,5 м від підлоги чи на рівні вуха робітника при включенні не менше 2/3 устанавленого обладнання.

Для вимірювання шуму в лабораторній роботі використовується прилад „ВШВ-1” – вимірювач шуму і вібрацій, побудований на принципі перетворення звукових (механічних) коливань в пропорційні їм електричні сигнали, які посилюються, і проходячи через октавні фільтри, реєструються стрілковим приладом, проградуєваним в дБ. Прилад „ВШВ-1” складається із вимірювального приладу ВІ-6 і капсула мікрофонного конденсаторного М-101. Прилад „ВШВ-1” підключається до живлення включенням автомату А і тумблера Т2.

Вимірювання рівня звуку

Положення перемикачів на панелі приладу „ВШВ-1”	Рід роботи - КОНТР. ЖИВЛЕННЯ через 2 хв – ПОВІЛЬНО Рід вимірювання - А Дільник I - 80 Дільник II - 40
---	--

Увімкнувши тумблером Т1 джерело шуму, вивести стрілку вимірювального приладу ВІ-6 в праву частину шкали аВ зміною положення перемикача Дільник I.

Значення вимірюваного рівня звуку визначається сумою показників перемикачів Дільник I, ДІЛЬНИК II і значення, на яке вказує стрілка. Записати значення рівня звуку у відповідну графу табл.

Вимірювання спектра шуму

Положення перемикачів на панелі приладу „ВШВ-1”	Рід роботи - ПОВІЛЬНО Рід вимірювання – ЛІН Дільник I - 80 Дільник II - 40
---	---

Увімкнувши тумблером 77 джерело шуму, вивести стрілку вимірювального приладу ВІ-6 в праву частину шкали аВ зміною положення перемикача Дільник I.

Положення перемикачів	Рід вимірювань – ФІЛЬТРИ частота Hz - 63
-----------------------	---

Вивести стрілку в праву частину шкали аВ зміною положення перемикача Дільник II (Дільник I не чіпати).

Значення вимірюваного рівня звукового тиску в октаві з середньгеометричною частотою 63 Гц визначається сумою показів перемикачів Дільник I, Дільник I) і значення, на яке вказує стрілка.

Аналогічно виміряти весь спектр, змінюючи положення перемикача частоти Hz від 63 до 8000, підбираючи при цьому такі положення перемикача Дільник II, при яких стрілка знаходиться в правій частині шкали аВ.

Записати значенні октавних рівнів звукового тиску у відповідні графи табл.; побудувати спектр шуму (рис. 3.6)

По закінченню вимірювань встановити положення перемикача Рід вимірювань - ОТКЛ, виключити тумблер 72 і автомат А.

3.11 Оцінка засобів захисту від шуму

1. Визначити потрібне зниження рівня звуку і рівнів звукового тиску в октавних смугах частот на робочому місці по формулі (3.6).

2. За значеннями $L_{необ}$ вибрати засіб захисту від шуму. Визначити необхідну звукоізоляцію засобу захисту від шуму, наприклад для кожуха.

3. Встановити вибраний засіб захисту від шуму і виміряти рівень звуку і рівні звукового тиску в октавних полосах частот. Визначити фактичне зниження шуму при встановленні вибраного засобу захисту від шуму.

Наприклад, для кожуха $R_{кож} = L - L_{кож}$

4. Розрахувати засіб захисту від шуму, який дозволяє знизити рівні шуму до допустимих значень.

3 Ключові запитання

1. Як діє шум на людину?
2. Фізичні характеристики шуму.
3. Інфразвуки та їх дія.
4. Ультразвук і його дія.
5. Засоби та методи захисту від шуму.
6. Прилади і методи захисту від шуму.
7. Оцінка ефективності акустичних засобів захисту від шуму.

4 Домашнє завдання

1. Вивчити питання пов'язані з забрудненням навколишнього середовища шумом.
2. Обчислити звукоізоляцію кожуха і звукоізоляційну облицьовку.
3. Дати відповіді на ключові запитання.

5 Практичне завдання

1. Вивчити і законспектувати, що таке дія шуму, його типи та види.
2. Ознайомитись з методикою вимірювання рівня шуму.
3. Розв'язати задачу.
4. Результати відобразити в протоколі і зробити висновки.

Задача

Визначити загальну інтенсивність шуму в приміщенні від трьох джерел низькочастотних коливань $f = (20 - 50)$ Гц на робочому місці. Джерела огорожені перегородою, а стіни і стеля приміщень покриті звукопоглинаючим матеріалом.

Початкові дані задані в таблиці 3.4.

Таблиця 3.4 – Початкові дані

Початкові дані		Остання цифра N студентського білета									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
Джерело шуму 1	R, м	2,5	2	3	3,5	4	4,5	5	5,5	6	6,5
	L1, дБ	80	90	95	100	100	110	100	90	90	100
	№ стіни	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Джерело шуму 2	R, м	7	7,5	8	8,5	9	9,5	8,5	8,5	8	7,5
	L1, дБ	110	100	90	95	80	80	90	90	100	110
	№ стіни	11	12	13	14	15	16	14	13	12	11
Джерело шуму 3	R, м	7	6,5	6	5,5	5	4,5	4	3,5	3	2,5
	L1, дБ	95	90	95	100	105	110	105	100	95	90
	№ стіни	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1

Де: 1) L_R і L_1 – рівні інтенсивності шуму джерела на відстані R метрів і одного метра відповідно.

2) рівень інтенсивності шуму знижується на N дБ залежно від стіни перегороди і G – маси одного квадратного метра стіни, кг.

3) S_{nm} і S_c – площі стелі та стін приміщення.

Відомо:

Параметри	Остання цифра N студентського білета									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
S_{nm} , м ²	100	150	200	250	300	350	400	450	500	550
S_c , м ²	160	180	200	220	250	260	280	300	320	340
$\alpha_1 \cdot 10^{-3}$	20	25	30	35	40	45	40	35	30	25
$\alpha_2 \cdot 10^{-2}$	95	90	85	80	75	70	75	80	85	90
$\beta_1 \cdot 10^{-3}$	34	33	32	31	30	31	32	33	34	35
$\beta_2 \cdot 10^{-2}$	75	80	85	90	95	90	85	80	75	70

де: α , β – коефіцієнти поглинання матеріалів, якими покриті стеля, стіни і підлога.

Номер стіни перегороди та її параметри приведені в таблиці 3.5

Таблиця 3.5 - Стіни і перегородки та їх параметри

№	Матеріали та конструкція	Товщина, м	Маса м ² , кг
1	стіна цегляна	0,12	250
2	стіна цегляна	0,25	470
3	стіна цегляна	0,38	690
4	стіна цегляна	0,52	934
5	картон	0,02	12
6	картон в два шари	0,04	24
7	повсть	0,025	8
8	повсть	0,05	16
9	залізобетон	0,1	240
10	залізобетон	0,2	480
11	шлакобетон	0,14	150
12	шлакобетон	0,28	300
13	дошки товщиною 0,02м	0,06	70
14	балки товщиною 0,1м	0,18	95
15	гіпсова перегорода	0,11	117

6 Зміст звіту

Звіт має містити:

- назву і мету роботи;
- основні загальні характеристики шуму;
- засоби і методи захисту від виробничого шуму;
- обчислення і результати вимірювання;
- відповіді на ключові запитання;
- дату і підпис студента.

ПРАКТИЧНА РОБОТА № 4

ВПЛИВ ЕЛЕКТРОМАГНІТНИХ ПОЛІВ ТА ВИПРОМІНЮВАНЬ НА ОРГАНІЗМ ЛЮДИНИ

1 Мета роботи

Вивчити вплив на організм людини різноманітних електромагнітних випромінювань. Ознайомитись з методами та засобами захисту від негативного впливу таких випромінювань; здобути практичні навички по розрахунку ефективності захисту захисних екранів.

2 Ключові положення

2.1 Типи електромагнітних випромінювань

Усі ЕМП і випромінювання поділяють на природні й антропогенні. Оточуюче нас середовище завжди перебувало під впливом електромагнітних полів. Ці поля називаються фоновим випромінюванням та спричинені природою. З розвитком науки й техніки фонове випромінювання значно підсилилося. Тому електромагнітні поля, які можна віднести до антропогенних, значно перевищують природний фон і останнім часом перетворилися на небезпечний екологічний чинник.

Розглянемо з початку поля природного походження. Навколо Землі існує електричне поле середньої напруженості 130 В/м. Воно зменшується від середніх широт до полюсів та до екватора, а також з віддаленням від земної поверхні. Спостерігають річні, добові та інші варіації цього поля. Також це поле постійно змінюється під впливом грозових розрядів, опадів та інших природних катаклізмів.

Також існує магнітне поле Землі напруженістю 47,8 А/м та 39,8 А/м на північному та південному полюсах відповідно. Це поле коливається з 80- та 11-річними циклами змін, а також більш короткочасними змінами з різних причин, пов'язаних із сонячною активністю. Також існує магнітне поле 19,9 А/м на магнітному екваторі. Це поле інколи змінюється під впливом магнітних бур.

Земля постійно знаходиться під впливом електромагнітного поля, що випромінюється сонцем. Діапазон частот цього випромінювання приблизно дорівнює 10 МГц-10 ГГц. Слід взагалі зазначити, що електромагнітне поле Землі постійно змінюється через низку факторів, як то сонячна активність, процеси у земних надрах та інше. Щодо спектра сонячного випромінювання, то він знаходиться біля короткохвильової області та поєднує у собі інфрачервоне та ультрафіолетове випромінювання. Інтенсивність цього випромінювання має постійну властивість періодично змінюватись та досить сильно збільшуватись під час атмосферних спалахів.

Ці поля впливають на біологічні об'єкти протягом всього часу їх життя. Тому у процесі еволюції людина пристосувалася до їх впливу і виробила здатність захищатися від можливих ушкоджень за рахунок природних чинників. Проте науковцями спостерігається зв'язок між спалахами сонячної активності і змінами електромагнітного поля, що спричиняється цим

процесом та деякими групами захворювань людей. Також, вивчаючи це явище, вчені помітили зміну умовно-рефлекторної діяльності тварин у рамках цього процесу. Систематичні дослідження щодо впливу електромагнітних полів на організм людини почалися десь з 50-х років.

Існує така номенклатура діапазонів згідно регламенту радіозв'язку:

30-300 кГц	НЧ
300-3000 кГц	СЧ
3-30 МГц	ВЧ
30-300 МГц	ДВЧ
300-3000 МГц	УВЧ
3-30 ГГц	НВЧ
30-300 ГГц	НЗВЧ

Електромагнітні поля низької частоти (НЧ) часто використовують при термічній обробці, високої частоти (ВЧ) - у радіозв'язку, медицині, телебаченні. Простір коло джерела поля поділяють на зони: ближню (зона індукції) та дальню (зона випромінювання). В залежності від розташування зони характеристиками поля є: у ближній зоні - складова вектора напруженості електромагнітного поля; у дальній - енергетична характеристика, інтенсивність щільності енергетичного потоку.

2.1.1. Радіохвилі високочастотного(ВЧ) та ультрависокочастотного(УВЧ) діапазонів

Розглянемо випромінювання ВЧ та УВЧ діапазонів. Медичні обстеження засвідчили суб'єктивні розлади, що спостерігаються під час роботи: слабкість, підвищена втомлюваність, пітливість, сонливість, а також розлад сну, головний біль, болі в області серця. Пригнічуються також харчові та статеві рефлекси.

Також вченими було зафіксовано зміни показників білкового та вуглеводного обміну, збільшення концентрації азоту в організмі, а також зменшення концентрації альбуміну та підвищення глобуліну. Крім того, фіксують деякі зміни у крові, а саме: збільшення кількості лейкоцитів, тромбоцитів, та інше.

При дослідженні впливу електромагнітних полів на організм людини взяли під нагляд тестову групу людей, що мешкали поблизу радіостанції. Це дослідження дало дуже цікавий та тривожний результат: у цій контрольній групі кількість скарг на здоров'я майже у два рази перевищувала середню.

При дослідженні дітей було виявлено порушення розумової працездатності, зниження уваги через розвиток послідовного гальмування та пригнічення нервової системи. Було також виявлено, що внаслідок дії електромагнітних полів страждає імунно-біологічна система. Можливе також виникнення гострих та хронічних хвороб та функціональні порушення у роботі майже усіх систем організму. Зміни діяльності нервової та серцево-судинної систем мають кумулятивний характер, та не зважаючи на це при

припиненні впливу, а також поліпшенні умов праці, як правило, спостерігається покращення їх функціонування. Тривалий вплив електромагнітних полів все одно призводить до стійких порушень та захворювань.

2.1.2 Радіохвилі надзвичайно високочастотного (НВЧ) діапазону

Активність впливу полів різних діапазонів частот зростає з ростом частоти і дуже серйозно впливає у НВЧ діапазоні. У цьому діапазоні працюють багато теле- та радіо станцій, а також майже усі радіорелейні станції, радіолокатори, та інше. На заході хвилі цього діапазону прийнято називати "мікрохвилями". НВЧ випромінювання поширюється у межах прямої видимості. На деяких ділянках діапазону НВЧ хвилі розсіюються молекулами кисню, атмосферними опадами, та інше, що обмежує дальність їх поширення. У апаратурі, що використовує НВЧ діапазон, його використання пов'язане із зменшенням перешкод та більш високою якістю передачі інформації ніж у УВЧ діапазоні. Але, слід зазначити, що сучасна побутова та корпоративна апаратура зв'язку досить широко використовує саме УВЧ діапазон. У ньому працює більшість телефонів мобільного зв'язку, бездротові комп'ютерні мережі, транкингові радіостанції та інше. Це насамперед пов'язане з небезпекою використання апаратури, яка працює у діапазонах високих частот в безпосередній близькості від людини.

Через те, що випромінювання НВЧ при поглинанні середовищем, яке є поганим провідником, спричиняє його нагрівання, цей діапазон дуже широко використовують у промислових установках. Подібні установки використовуються й у побуті. Слід до цього навести приклад НВЧ (мікрохвильової) пічі. Тому розповіді про небезпеку використання НВЧ-печей мають досить вагому підставу. Це явище сприяло створенню вченими терапевтичної апаратури, що базується на властивостях НВЧ випромінювання.

Також слід зазначити, що саме через ці властивості НВЧ випромінювання використовують для передачі енергії променем на великі відстані. Коли розглядали проекти будівництва сонячних електростанцій на околотериторії орбіті, саме ця технологія розглядалася як базова для передавання отриманої енергії з космосу на Землю. Але до цього стоїть ще багато не розв'язаних технологічних проблем, пов'язаних із практичним використанням цієї технології. При використанні НВЧ діапазону здебільшого сфокусують випромінювання у вузький промінь антеною невеликих габаритів. У межах цього променя інтенсивність електромагнітного поля значно збільшується, а за його межами стає ледь помітною. Це дозволяє досить чітко визначати зони, що є небезпечними для здоров'я. Досить багато вчених зараз зосереджують свою увагу у наукових працях саме на НВЧ діапазоні та його впливі на біологічні об'єкти.

При інтенсивності поля близько 20 мкВт/см^2 спостерігається зменшення частоти пульсу, зниження артеріального тиску. Ця дія більш сильна у людей, що вже підпадали під подібне опромінення. З ростом

інтенсивності проявляються електрокардіографічні зміни. Потім відмічається прискорення пульсу, коливання об'єму крові. При досяганні відмітки інтенсивності у $6\text{Вт}/\text{см}^2$ відмічають зміни у статевих залозах, у крові та помутніння кришталика. Далі можуть почати відчуватися навіть такі страшні симптоми, як розриви капілярів і крововиливи у легені та печінку.

Подальше опромінення помітно впливає на тканини, викликає больові почуття. Якщо інтенсивність перевищує $1\text{Вт}/\text{см}^2$, це спричиняє швидку втрату зору. Пошкодження органів зору, до речі, являє собою один з найсерйозніших ефектів спричинених електромагнітними полями НВЧ діапазону. На низьких частотах такі ефекти не спостерігаються, тому вони є специфічними саме для НВЧ діапазону. Ступінь ушкодження внаслідок дій електромагнітним полем НВЧ діапазону може бути різною і частіше залежить від інтенсивності опромінення та часу його дії.

2.1.3 Оптичне випромінювання

Під терміном "оптичне випромінювання" розуміють хвилі видимого для людського ока діапазону хвиль. Цей діапазон розташований у межах $0,4-0,77\text{ мкм}$. Також до оптичного випромінювання відносять інфрачервоне (ІЧ), яке знаходиться у діапазоні $0,11-0,1\text{ мкм}$ та ультрафіолетове, яке відповідно знаходиться у межах $0,4-0,5\text{ мкм}$. Тому з боку довгих хвиль між оптичним та НВЧ діапазоном знаходиться маловивчений діапазон субміліметрових хвиль, які займають ділянку діапазону $1,0-0,1\text{ мм}$. Цей діапазон є досить незручним для практичного використання. З боку коротких хвиль знаходиться рентгенівське випромінювання. Джерела випромінювання ІЧ діапазону можна побачити скрізь у побуті та у виробництві. Це велика кількість елементів і вузлів радіоапаратури, напівпровідникові та квантові прилади, трансформатори, та багато інших.

2.1.4 Лазерне випромінювання

Науковці звернули увагу, що вплив лазерного випромінювання на біологічні тканини може призвести до теплової, ударної дії та світлового тиску.

Залежно від різних обставин, прояви кожного ефекту окремо чи їхня сумарна дія можуть набувати досить різних значень.

При великій інтенсивності та малих тривалостях імпульсу спостерігають ударну дію лазерного випромінювання, яка поширюється досить швидко та призводить до пошкодження внутрішніх тканин. При цьому зовсім непомітними залишаються зовнішні прояви. Майже головним елементом дії лазерного випромінювання на організм є тепловий ефект, через який можуть з'явитися опіки. Також можуть спостерігатися більш серйозні наслідки, такі як руйнування, деформація і навіть часткове випаровування клітинних структур.

При дії лазерного випромінювання менших інтенсивностей можна спостерігати видимі зміни у організмі, а саме порушення пігментації, почервоніння з досить чіткими границями зони, що зазнала ураження.

Шкірні оболонки значною мірою захищають внутрішні системи організму від серйозних уражень внаслідок дії лазера. Але деякі дослідження показали цікавий результат - інколи опромінення ділянок шкіри може призвести до порушення низки систем організму, зокрема нервової та серцево-судинної.

Наслідком навіть не дуже високих доз лазерного випромінювання можуть стати майже такі симптоми, як і при НВЧ-опромінення. Це і нестійкий стан артеріального тиску, і порушення серцевого ритму, а також втома, роздратування та інше. Ці порушення є зворотнім та мають властивість зникати з часом після деякого відпочинку.

Як і НВЧ, найбільшої шкоди лазерне випромінювання завдає очам.

Найбільша небезпека спостерігається в ультрафіолетовому діапазоні. За таких умов може статися коагуляція білка рогівки та опік слизової оболонки, що може спричинити сліпоту. Промені з видимого діапазону мають властивість впливати на клітини сітківки. Через це може спостерігатися як тимчасова сліпота, так і втрата зору внаслідок опіку. Випромінювання інфрачервоного діапазону є більш небезпечним і також може призвести до сліпоти.

Тобто можна зробити висновок, що лазерне опромінення може пошкодити усі структури ока. Внаслідок того, що око є оптичною системою, можна спостерігати також непрямий вплив та другорядні ефекти, які є реакцією організму на опромінення.

При лазерному опроміненні у біологічних тканинах виникають вільні радикали. Вони беруть активну участь у взаємодії з молекулами та порушують нормальний процес обміну речовин у організмі на рівні клітин. Це призводить до загального погіршення стану здоров'я та прискорює процеси старіння організму.

2.2 Захист організму від негативного впливу електромагнітних полів

Для захисту людини від шкідливого впливу електромагнітних полів приймаються нормативи та стандарти. Треба зазначити, що будь-які норми та стандарти, пов'язані із захистом людини від небезпечного впливу, завжди являють собою компроміс між перевагами використання нових технологій та нової техніки і можливим ризиком, спричиненим цим використанням.

Згідно з ГОСТ 12.1.006-84, ГДР №4131-86, СН №5802-91 "Електромагнітні поля радіочастот" охоплює діапазон частот 60 кГц...300 МГц. Оцінка ЕМП в діапазоні 60 кГц...300 МГц проводиться окремо з електричних і магнітних складових поля. Допустимі рівні протягом робочого дня по електричній складовій не повинні перевищувати 5 В/м знижуючись ступенями 5 В/м на міру підвищення частоти. По магнітній складовій встановлені рівні тільки для окремих ділянок діапазону: 5 А/м для частот 60 кГц...1,5 МГц та 0,3 А для частот 30...50 МГц. Допускається перевищення цих стандартів, але не більше ніж двократне, при скороченні робочого дня не менш як на 50%.

Для частот 300 МГц...30 ГГц гранично допустимі значення щільності визначаються як результат ділення нормованої величини енергетичного навантаження за робочий день на час впливу. Енергетичне навантаження протягом робочого дня не повинно перевищувати 200 мкВтгод/ см².

Ми бачимо, що електромагнітні поля дуже сильно впливають на людський організм. Вони негативно впливають майже на усі системи організму. Тому треба створювати певні методи захисту від їх дії. Найпоширенішими з таких методів є такі:

- зменшення щільності потоку енергії, якщо дозволяє даний технологічний процес або обладнання;
- захист часом (тобто обмеження часу знаходження у зоні джерела ЕМП);
- захист відстанню;
- екранування робочого місця чи джерела;
- раціональне планування робочого місця;
- застосування засобів попереджувальної сигналізації;
- застосування засобів особистого захисту.

Для зменшення впливу електромагнітних полів на персонал, який знаходиться у зоні дії деяких радіоелектронних засобів необхідним є ряд захисних заходів: організаційні, інженерно – технічні та лікувально – профілактичні.

Екранування – найбільш ефективний спосіб захисту.

Електромагнітне поле послаблюється екраном внаслідок виникнення в товщині його поля протилежного напрямку. Ступінь послаблення ЕМП залежить від глибини проникнення гранично-допустимих рівнів товщини екрану. Чим більша магнітна проникність екрану і вища частота поля, яке екранується, тим менша глибина проникнення і необхідна товщина екрану.

Екранують джерело випромінювань або робоче місце. Екрани бувають відбиваючі і поглинаючі.

Для захисту працівників від ЕМП застосовують заземленні екрани, кожухи, захисні козирки, які встановлюються на місці випромінювання. Засоби захисту із радіо поглинаючих матеріалів вмонтовують в вигляді тонких резинових килимків, гнучких або жорстких кусків паралону, феромагнітних пластів.

Для захисту від електричних полів частотою 50 Гц необхідно збільшувати висоту підвішування фазних провідників ЛЕП високої напруги.

2.3 Захист від лазерного випромінювання

Лазерна безпека – це сукупність технічних, санітарно – гігієнічних і організованих мір, які забезпечують безпечні умови праці персоналу при використанні лазерів. Способи захисту від лазерного випромінювання під розділяють на колективні і індивідуальні.

Колективні засоби захисту випромінювань: використання телевізійних систем спостереження за ходом процесу; захисні екрани (кожухи), системи блокування в сигналізації; загородження лазернонебезпечної зони. Для

контролю лазерного випромінювання і визначення границь лазерно небезпечної зони застосовують колориметричні, фотоелектричні і інші прилади.

В якості засобів індивідуального захисту використовуються спеціальні протиласерні окуляри, щитки, маски, технологічні чохла й рукавиці.

Для зменшення небезпеки враження за рахунок зменшення діаметра зіниці ока оператора в приміщеннях повинна бути хороша освітленість робочих місць. Коефіцієнт природного освітлення КПО повинен бути не менш 1,5%, а загальне штучне освітлення повинне дорівнювати 300 лк.

3 Ключові запитання

1. Які існують основні джерела ЕМП природного походження?
2. Які чинники впливають на зміну параметрів ЕМП Землі?
3. Як впливають ЕМП на організм людини в ВЧ та УВЧ діапазонах?
4. Які особливості впливу на здоров'я людини ЕМП в НВЧ діапазоні?
5. У чому полягає небезпека лазерного опромінення людини?
6. У чому полягає компроміс при визначенні нормативів на допустимі рівні складових ЕМП?
7. Які існують найпоширеніші методи захисту людини від негативного впливу ЕМП?
8. Які особливості захисту людини від лазерного опромінення?

4 Домашнє завдання

1. Для успішного виконання та захисту практичної роботи студентів потрібно теоретично підготуватися за літературою за основними типами ЕМП і випромінювань та їх впливам на живі організми; законспектувати основні положення.

2. Підготуватися до обговорення з ключових питань.

5 Практичне завдання

5.1 Вивчити та законспектувати методика розрахунків ефективності захисних екранів від ЕМП та випромінювання.

Знаючи характеристики металу, можна розрахувати товщину екрану δ , мм, забезпечуючи задане ослаблення електромагнітних полів на даній відстані:

$$\delta = \frac{\ln E_x}{\sqrt{\omega\mu\gamma/2}} \quad (4.1)$$

де $\omega = 2\pi f$ – кутова частота змінного струму, рад/с;

μ – магнітна проникність металу захисного екрану,

Г/м, γ – електрична провідність металу екрану (Ом·м)⁻¹;

E_x – ефективність екранування на робочому місці, що визначається виразом:

$$E_x = \frac{H_x}{H_{xe}} \quad (4.2)$$

де H_x і H_{xe} - максимальні значення напруженості магнітної складової поля на відстані x , м, від джерела відповідно без екрану і з екраном, А/м.

Напруженість H_x , може бути визначена з виразу:

$$H_x = \frac{wIa^2}{4x^2} \beta_m \quad (4.3)$$

де w і a – число витків і радіус катушки, м;

I – сила струму в котушці, А;

x – відстань від джерела (катушки) до робочого місця, м;

β_m - коефіцієнт, що визначається співвідношенням x/a (при $x/a > 10$ $\beta_m = 1$).

Якщо регламентується допустима електрична складова поля E_d , магнітна складова може, бути визначена з виразу:

$$H_d = 1,27 \cdot 10^5 \frac{E_d}{xf} \quad (4.4)$$

де f – частота поля, Гц.

5.2. Розрахувати ефективність металевого захисного екрану для зниження на робочому місці ЕМП радіопідсилювача, вихідний контур якого має котушку змінної індуктивності: радіус катушки дорівнює a , число витків w , сила току в котушці та його частота дорівнюють I та f відповідно. Відстань від катушки до робочого місця дорівнює x

Таблиця 4.1 – Варіанти вихідних даних для задачі

Параметри	Перша цифра варіанту									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$f, 10^4$ Гц	6,5	7,0	7,5	8,0	8,5	9,0	9,5	10	11	12
I, A	300	310	320	330	340	350	360	370	380	390

Параметри	Друга цифра варіанту									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
W	20	19	18	17	16	15	14	13	12	11
x, m	0,7	0,75	0,8	0,85	0,9	0,95	0,7	0,8	0,6	0,9

Приклад. Розрахувати ефективність алюмінієвого екрану радіусом $R=0,35m$, коли відомо:

$$f = 6 \cdot 10^4 \text{ Гц}; \mu = 4\pi \cdot 10^{-7} \text{ Г/м}; \gamma = 3,55 \cdot 10^7 (\text{Ом} \cdot \text{м})^{-1}; \mu = 1; I = 380 \text{ А}; W = 14; a = 0,1 \text{ м}; x = 0,8 \text{ м}$$

Розв'язок 1. Визначаємо допустиму величину магнітної складової поля з урахуванням, що допустима напруженість поля $E_{п.д} = 5 \text{ В/м}$ (за санітарними нормами):

$$H_{п.д} = 1,27 \cdot 10^5 \frac{E_{п.д}}{xf} = 1,27 \cdot 10^5 \frac{5}{0,8 \cdot 6 \cdot 10^4} = 13,2 \text{ А/м}$$

2. Напруженість на робочому місці без екрану

$$H_x = \frac{W I a^2}{4x^2} = \frac{14 \cdot 380 \cdot 0,1^2}{4 \cdot 0,8^2} = 20,7 \text{ А/м}$$

3. Потрібна ефективність екранування на робочому місці

$$E_{к.пр} = \frac{H_x}{H_{п.д}} = \frac{20,7}{13,2} = 1,57$$

4. Дійсна ефективність екранування на робочому місці

$$E_{x\Delta} = \frac{R I^{\frac{d}{\delta}}}{2\sqrt{2} \cdot \delta \cdot \mu^1} = \frac{0,35 \cdot 0,3 \frac{1}{0,32^{-1}}}{2\sqrt{2} \cdot 3,2 \cdot 10^{-4} \cdot 1} = 10,5$$

де d – товщина екрану, мм:

δ – глибина проникнення поля в екран, м;

(μ^1) - відносно магнітна проникність екрану ($\mu^1 = \frac{\mu}{\mu_0}$).

$$\delta = \frac{1}{\sqrt{\mu \gamma_e \omega}} = \frac{1}{\sqrt{4\pi \cdot 10^{-7} \cdot 3,55 \cdot 10^7 \cdot 2 \cdot 3,14 \cdot 6 \cdot 10^4}} = 0,32 \text{ мм}$$

Із конструктивних поглядів приймаємо $d = 1 \text{ мм}$.

Таким чином, $E_{x,д} = 10,5 > E_{x,пр} = 1,57$, тобто обраний екран забезпечує потрібний захист на даному робочому місці.

6 Зміст звіту

Звіт має містити:

- назву і мету роботи;
- основні теоретичні положення, котрі характеризують небезпеку впливу на організм людини електромагнітних випромінювань;
- методи захисту від ЕМП;
- розв'язок ситуаційних задач згідно варіанту (вказується викладачем);
- висновки, дату і підпис студента.

ПРАКТИЧНА РОБОТА № 5 ПРОГНОЗУВАННЯ ХІМІЧНОЇ ОБСТАНОВКИ

1 Мета роботи

Вивчити методику прогнозування хімічної обстановки після аварій на хімічно небезпечних об'єктах з викидом (випливом) сильнодіючих отруйних речовин (СДОР). Ознайомитись зі способами ліквідації наслідків аварій.

Набути практичних навичок щодо прогнозування хімічної обстановки після аварій на хімічно небезпечних об'єктах.

2 Ключові положення

2.1 Характеристика можливих наслідків з викидом (випливом) СДОР

Характер можливих хімічно небезпечних аварій залежить від багатьох факторів. Аварії можуть відрізнятися масштабами дій, поширенням, властивостями ураження, тривалістю дій. Особливі труднощі виникають у випадках транспортних аварій при ушкодженнях та руйнуванні місткостей. В такому разі труднощі полягають у вчасному виявленні викиду або виливу.

При аваріях з викидом (випливом) створюються первинна і вторинна хмари забрудненого повітря. В атмосфері під дією вітру ці хмари змінюються, збільшуються і, залежно від стану атмосфери (інверсії, ізотермі, конвекції), можуть поширюватися на великі відстані.

Інверсія – це підвищення температури повітря в міру збільшення висоти, виникає за ясної погоди, малих – до 4 м/с – швидкостях вітру, приблизно за годину до сходу сонця і руйнується упродовж години після сходу сонця. Інверсія заважає розсіюванню повітря по висоті, створює сприятливі умови для зберігання високих концентрацій СДОР.

Ізотермія – характеризується постійною рівновагою повітря (температура повітря в 20...30 метрах від земної поверхні є однаковою), зазвичай спостерігається в похмуру погоду і за снігового покриття. Вона сприяє тривалому застоюванню парів СДОР на місцевості, в лісі, в житлових кварталах.

Конвекція – це вертикальне переміщення об'ємів повітря з одних висот на інші (нижній шар повітря нагрітий сильніше за верхній і рухається по вертикалі), виникає за ясної погоди, малих швидкостях вітру, приблизно за 2 години після сходу сонця і руйнується приблизно за 2...2,5 години до заходу сонця. Хмара зараженого повітря швидко розсіюється.

Аналіз структури підприємств, які виробляють, споживають або транспортують СДОР, засвідчує, що ці речовини можуть міститися чи в технологічному обладнанні чи в місткостях зберігання. У разі їхнього руйнування викид СДОР в атмосферу і подальші події розгортаються в такий спосіб.

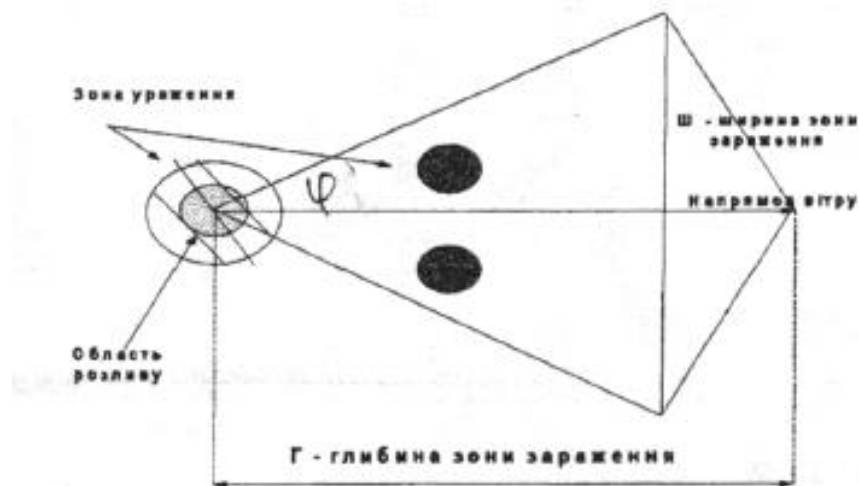


Рисунок 5.1 – Створення зони ураження і зони зараження СДОР

Зона зараження характеризується глибиною – Γ , шириною – Ш і кутовими розмірами – φ . В середині зони зараження може бути кілька зон ураження.

Перший період - миттєвий викид в атмосферу приблизно $1/6 - 1/4$ частини речовини, яка утворює з неї аерозолі. У вигляді важкої хмари, вона підіймається вгору на висоту до 20м, а потім під дією власної сили тяжіння опускається на ґрунт. Під впливом вітру хмара збільшується в діаметрі. В результаті утворюється первинна хмара зараженого повітря.

Другий період - частина рідини, яка залишилась у місткості, витікає з неї і розповсюджується поверхнею землі або стікає у піддон. Відбувається стаціонарне випаровування за рахунок тепла навколишнього повітря.

Випаровування залежить від швидкості вітру, температури повітря. Через це утворюється вторинна хмара зараженого повітря. Обидві хмари під дією вітру пересуваються.

Внаслідок аварій зі СДОР створюються зона хімічного зараження і зона хімічного ураження.

Зона хімічного зараження СДОР включає територію, на яку поширилась хмара зі СДОР. Площа хімічного зараження СДОР визначається напрямком і швидкістю вітру та іншими метеоумовами.

Зона хімічного ураження включає територію, на якій відбулись масові ураження людей і тварин.

2.2. Прогнозування хімічної обстановки при аварії з викидом (вилівом) СДОР

Під прогнозуванням хімічної обстановки розуміють отримання ймовірної інформації про хімічну обстановку на підставі прогнозу наслідків викиду (виліву) СДОР.

Хімічний стан – це сукупність наслідків хімічного зараження місцевості, які впливають на життєдіяльність людей, роботу об'єктів народного господарства, дієздатність робітників та службовців і визначають

характер захисних заходів, вибір найбільш доцільних варіантів дій, котрі можуть забезпечити виконання завдань за малих втрат.

Вихідними даними для прогнозування є:

- загальна кількість СДОР на об'єкті та умови їхнього зберігання (під тиском або ізотермічно);
- кількість СДОР, викинутих в атмосферу, і характер їхнього розтікання;
- метеорологічні умови: температура повітря, швидкість вітру на висоті 10м, стан атмосфери і ступінь вертикальної стійкості повітря.

Метою прогнозування є:

- визначення параметрів області розливу;
- визначення масштабу і параметрів зони зараження СДОР;
- визначення часу підходу зараженого повітря до населених пунктів.

2.3 Методика прогнозування хімічної обстановки

2.3.1 Визначення параметрів області розливу

В середньому на підприємстві мінімальні запаси СДОР створюються на 3 доби, а для заводів з виготовлення добрив - до 10...15 діб. Як наслідок на великих підприємствах, сховищах і деяких портах можуть водночас зберігатись тисячі тон СДОР.

СДОР, як правило, містяться в стандартних алюмінієвих, залізобетонних і сталевих герметичних балонах (резервуарах) циліндричної або кулеподібної форми у зрідженому вигляді під тиском власних парів $6 \cdot 10^2 \dots 12 \cdot 10^2$ кПа (6...12 атм.) і подаються трубопроводами до технологічних цехів. Місткість резервуарів буває різною. Хлор, наприклад, зберігається в резервуарах місткістю від 1 до 100 т, аміак – від 1 до 5 т, сірчаний ангідрид - від 1 до 100 т.

Використовують такі методи зберігання СДОР:

- в резервуарах під високим тиском (в цих випадках розрахований тиск резервуара відповідає тиску парів над рідиною);
- в ізотермічних сховищах за тиску, близького до атмосферного (низькотемпературне зберігання). При цьому методі зберігання СДОР місткості штучно охолоджуються. Тиск насичених парів зріджених газів залежить від температури: чим нижча температура, тим менший тиск парів. Якщо штучно охолодити аміак до $-33,4$ °С, то тиск пари буде близьким до атмосферного;
- у відкритих місткостях за температури навколишнього середовища (для закипаючих СДОР).

При прогнозуванні зазвичай розглядають граничний випадок, тому приймають: за величину викиду СДОР (Q_0) - їхній вміст у максимальній за об'ємом окремій місткості, а для сейсмічних районів - сумарний запас СДОР.

Можливу площу розливу СДОР S_p визначають за формулою:

$$S_p = \frac{Q_0}{\rho \cdot h} \quad (5.1)$$

де Q_0 – маса СДОР, т;

ρ – густина виду речовини, т/м³;

h – товщина шару рідини, м.

Радіус “озера” розливу визначається як:

$$R = \sqrt{\frac{S_p}{\pi}} \quad (5.2)$$

Характер розтікання СДОР на поверхні може бути: “вільно” на поверхні, “в піддон” або “обвалування”. При вільному розтіканні товщина шару рідини СДОР (h), яка розлилась вільно на поверхні, приймається рівною 5 см по всій площі розливу (S_p). Для наземних резервуарів обладнується замкнене обвалування або піддон, внутрішній об'єм якого розраховано практично на повний об'єм резервуарів. Відстань від резервуара до підшови обвалування або загороджувальної стінки приймається рівною половині резервуара, але не менше за 1 м.

Для СДОР, які розлились в піддон або обваловку, товщина шару визначається за формулою:

$$h = H - 0,2 \text{ м} \quad (5.3)$$

де H – висота піддона (обвалування), м.

2.3.2 Визначення масштабу зараження СДОР

Масштаб зараження СДОР характеризується параметрами: глибина зони зараження - Γ , ширина зони - Π , кут і розміри зони - ϕ і площа зони можливого зараження – S_p (див. рис. 5.1).

Площа зони зараження - це площа території, в межах якої під впливом зміни напрямку вітру може пересуватись хмара СДОР.

Зовнішні кордони зони можливого зараження СДОР розраховуються за мінімальною токсодозою при інгаляції, яка викликає початкові симптоми ураження у 50 % уражених.

Зона можливого зараження СДОР на картах (схемах) обмежена колом, півколом чи сектором, який має кутові розміри і радіус, рівний глибині зараження Γ . Центр кола, півкола або сектора збігається з джерелом зараження (епіцентром аварії).

2.3.3 Визначення терміну вражаючої дії СДОР

Тривалість вражаючої дії СДОР визначимо за формулою:

$$T = \frac{hd}{k_2 k_4 k_7}, \text{ год} \quad (5.4)$$

де h – товщина шару СДОР, м; визначається згідно з прийнятими припущеннями;

d – питома щільність СДОР, т/м³;

k_2 – коефіцієнт, який залежить від фізико-хімічного складу СДОР;

k_4 – коефіцієнт, який враховує швидкість вітру:

Швидкість вітру, м/с	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	15
k_4	1	1,33	1,67	2,0	2,34	2,67	3,0	3,34	3,67	4,0	5,63

k_7 – коефіцієнт, який враховує вплив температури повітря. Для стиснених газів він дорівнює 1.

Глибина поширення зараженої хмари залежить від фізичних властивостей СДОР, їхнього агрегатного стану і, як правило, обчислюється:

- для зріджених газів окремо по первинній і вторинній хмарі;
- для стиснених газів - лише по первинній хмарі;
- для отруйних рідин, які киплять за температури вищої за температуру оточуючого середовища - тільки по вторинній хмарі (наприклад, сірковуглецю $t_{\text{кип}}=46,2$ °С).

Обчислення глибини зон зараження первинною - Г1 і вторинною – Г2 хмарами СДОР провадиться в залежності від еквівалентної кількості речовини і швидкості вітру. Для цього, як правило, використовуються таблиці відповідних довідників.

Повна глибина зони зараження Г (км) зумовлена впливом первинної і вторинної хмар СДОР і визначаються виразом:

$$\Gamma_{\text{пов}} = \Gamma_{\text{макс}} + 0,5 \cdot \Gamma_{\text{мін}}, \text{ км} \quad (5.5)$$

де $\Gamma_{\text{макс}}$ - найбільша,

$\Gamma_{\text{мін}}$ - найменша з величин Г1 і Г2.

Гранично можливе значення глибини перенесення повітряних мас визначається часом випаровування виду СДОР-Т та швидкістю переміщення фронту хмари зараженого повітря - V , яка залежить від швидкості вітру і ступеня вертикальної стійкості повітря.

$$\Gamma = T \cdot V, \text{ км} \quad (5.6)$$

За остаточну розрахункову глибину $\Gamma_{\text{розрах}} \Gamma_{\text{розр}}$ зони можливого зараження приймається найменша з двох глибин $\Gamma_{\text{пов}}$ і $\Gamma_{\text{попер}}$.

Таблиця 5.1 – Залежність швидкості переміщення фронту хмари зараженого повітря від швидкості вітру

Швидкість вітру, м/с	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Швидкість переміщення фронту, км/год	Інверсія													
	2	10	18	21										
	Ізотермія													
	6	12	18	24	29	35	41	47	53	59	65	71	78	82
	Конвекція													
	7	14	21	28										

При визначенні площі зони зараження розрізняють площу зони можливого зараження і площу зони фактичного зараження СДОР. Площа зони можливого зараження - площа території, в межах якої під впливом зміни напрямку вітру може пересуватись хмара СДОР. Ця зона обмежена колом, півколом або сектором, який має кутові розміри 2ϕ і радіус, рівний глибині Грозр. Центр сектора збігається з джерелом зараження.

Кутові розміри зони можливого зараження СДОР залежно від швидкості вітру за прогнозом визначаються з таблиці 5.2.

Таблиця 5.2 – Кутові розміри зони можливого зараження

V м / с	До 0,5	0,6...1,0	1,1...2,0	Більше 2,0
2ϕ град	360	180	90	45

Бісектриса сектора співпадає з віссю сліду хмари і орієнтована за напрямком вітру.

Площа зони фактичного зараження - площа території, зараженої СДОР в небезпечних для життя межах.

Примітка. Граничний час перебування людей в зоні зараження і тривалість збереження незмінними метеорологічних умов (ступеня вертикальної стійкості повітря, повітря і швидкості вітру) становить 4 години. По завершенні даного часу прогноз стану повинен уточнюватись.

Час підходу зараженого повітря до об'єкта обчислюється у звичайний спосіб в залежності від відстані об'єкта до місця аварії і швидкості перенесення переднього фронту хмари.

2.4 Ліквідація наслідків аварії на хімічно небезпечних об'єктах з викидом (випуском) СДОР

Ліквідацію наслідків аварії на хімічно небезпечних об'єктах здійснюють спеціальні формування підприємств і цивільної оборони, які мають спеціальне устаткування і засоби захисту.

Без спеціальних засобів захисту категорично заборонено входити в зону зараження.

Першими в зону ураження входять газорятівники промислового підприємства. Їх задачі:

- виявити і винести потерпілих;
- локалізувати викиди.

Слідом за ними входять пожежні команди. Решта формувань концентрується на границях зони ураження і приступають до роботи після зниження рівня зараження до меж, які роблять можливою їх діяльність.

Послідовність входу команд:

- формування охорони порядку (регулювання руху, розміщення знаків і т.д.);
- аварійно-технічні команди;
- санітарні дружини;
- інші спеціальні команди.

Аварії на хімічно небезпечних об'єктах з викидом (виливом) СДОР можуть викликати масові ураження людей, тварин, можуть приводити і до інших тяжких наслідків. Генетики встановили, що більшість небезпечних хімічних речовин володіють не тільки сильною токсичною, але і мутагенною дією. Подібно до радіації хімічні речовини стимулюють розвиток злоякісних пухлин, викликають зміни в соматичних і статевих клітинах, що приводить до народження індивідів з спадковими патологіями.

Це обумовлює необхідність проведення захисних заходів до захисту населення, робітників і службовців об'єктів від небезпечних і вражаючих факторів аварій з викидом (виливом) сильнодіючих отруйних речовин.

3 Ключові питання

1. Як зберігати СДОР?
2. Ознаки отруєння, методи захисту від різноманітних СДОР (аміак, хлор, синильна кислота, бензол та ін.).
3. Формування і основні характеристики зони зараження при розливі СДОР.
4. Засоби особистого захисту при хімічному зараженні місцевості.
5. Порядок прогнозування хімічного стану .
6. Методика розрахунків параметрів зони зараження.
7. Порядок ліквідації наслідків аварії на хіміко небезпечних об'єктах.

4 Домашнє завдання

1. Для успішного виконання та захисту практичної роботи студентів потрібні теоретично підготуватися за літературою [1,4,9; дод.: 3,8,12,13,22,28,31] з основними видами СДОР, їх кваліфікацією, ознаками отруєння та методами захисту; законспектувати основні положення.

2. Підготуватися для обговорення з ключових питань.

5 Практичне завдання

В процесі заняття студенти повинні вивчити теоретичні положення, потім, розв'язуючи ситуаційні задачі, освоїти методику прогнозування хімічної обстановки при аваріях з викидом СДОР.

Ситуативна задача з прогнозування хімічної обстановки

На хімічному підприємстві виникла аварія на технологічному трубопроводі зі СДОР, який знаходиться під тиском. В наслідок аварії виникло джерело зараження сильнодіючою речовиною. Кількість рідини, що витекла з трубопроводу не встановлена. Відомо, що в технологічній системі зберігалось Q_0 СДОР.

Необхідно визначити тривалість вражаючої дії джерела зараження: глибину зон можливого зараження СДОР; площу зони зараження; нанести зону зараження на схему промзони й оцінити небезпеку можливого джерела хімічного ураження, якщо хімічне підприємство розташоване у житловому районі міста.

Метеорологічні умови під час аварії: швидкість вітру, напрямок вітру ψ , температура повітря T ($^{\circ}\text{C}$), час доби й наявність хмарності - згідно з варіантом. Розлив СДОР на підстиляючій поверхні вільний. Тиск ємності з газом атмосферний.

Оскільки об'єм розлитого СДОР невідомий, то для розрахунку допускається прийняття його рівним максимальній кількості у системі, тобто Q_0 .

$$Q_0 = Q_{e1} + Q_{e2} \quad (5.7)$$

де Q_{e1} , Q_{e2} – еквівалентні кількості речовини у первинній та вторинній хмарі відповідно

6 Зміст звіту

Звіт має містити:

- назву і мету роботи;
- основні теоретичні положення по СДОР, їх класифікація, ознаками отруєння, методами захисту та методи прогнозування хімічної обстановки;
- результати розв'язання ситуаційної задачі по прогнозуванню хімічної обстановки при аварії з висновками;
- дату й підпис студента.

Додаток А – Варіанти завдань до практичної роботи на тему
“Прогнозування хімічної обстановки”

№	Еквівалентна кількість речовини у хмарі		Швидкість вітру, м/с	Час від початку аварії, год	№ СДОР	Напрямок вітру Ψ , град.	Температура повітря Т, 0 С	Відстань кордону об'єкту від можливого місця аварії l, м	Ширина санітарної зони, м	Час доби
	$Qe_1(T)$	$Qe_2(T)$								
1	0,5	10	1	20 хв	14	0	0	300	500	Ніч
2	1	15	1	2	1	90	+10	200	1000	Вечір
3	3	25	3	3	2	180	+20	100	800	Ранок
4	2	17	5	50 хв	3	190	-20	50	300	День
5	4	30	10	4.50	11	170	-5	350	400	
6	0,2	8	8	4.30	15	270	0	250	600	Вечір
7	0,1	7	6	5	10	150	+10	100	2000	Ніч
8	3,5	28	4	4	6	200	+15	150	900	Ранок
9	2,4	19	15	1	7	180	0	300	1500	
10	1,2	5	2	2	11	0	0	300	300	День
11	2,3	8	3	4.50	15	10	+10	50	400	Ніч
12	0,1	6	5	5.20	9	150	-10	25	600	Ранок
13	0,6	4	8	40 хв	4	80	15	25	700	Вечір
14	0,9	5,5	10	30 хв	5	90	-40	118	850	Ранок
15	2,5	12	5	10 хв	7	180	+15	80	1000	Ніч
16	3,5	17	6	4	8	160	0	100	1200	Вечір
17	7,0	30	7	3	12	170	+10	400	3000	День
18	9,0	27	14	6 хв	13	150	-10	300	5000	Вечір
19	10,0	35	1,5	2	4	90	-26	300	2000	Ранок
20	8,0	25	1,0	5	14	30	-20	350	2500	День
21	7,0	15,3	4	2	2	90	0	450	800	Ранок
22	5,0	12,5	3	1	3	270	0	600	450	Ніч
23	4,0	16,6	8	4	11	180	0	650	550	
24	3,2	15,4	9	5	10	170	-12	500	700	Ранок
25	1,6	10,5	10	4	12	160	+8	300	3000	Вечір
26	2,9	8,8	11	4	13	150	0	200	2500	День

**Додаток Б - Характеристика СДОР і допоміжні коефіцієнти для
визначення глибин зон зараження**

№ СДОР	СДОР	Питома щільність СДОР, т/м ³		Температура кипіння, °С	Порогова токсична доза, мг·хв /л	Значення допоміжних коефіцієнтів					
		газоподібного	рідкого			k ₂	k ₇ при температурі, °С				
							-40	-20	0	20	40
1	Водень фтористий		0,989	19,52	4	0,028	0,1	0,2	0,5	1	1
2	Метіламін	0,0014	0,966	-6,5	1,2	0,384	0/0,3	0/0,7	0,5/1	1/1	2,5/1
3	Метіл бромістий		1,732	3,6	1,2	0,039	0/0,2	0/0,4	0/0,9	1/1	2,3/1
4	Метілмеркаптан		0,867	5,95	1,7	0,043	0/0,1	0/0,3	0/0,8	1/1	2,4/1
5	Нітріл акрїлової кислоти		0,806	77,3	0,75	0,007	0,04	0,1	0,4	1	2,4
6	Азоту оксиди		1,491	21,0	1,5	0,04	0	0	0,4	1	1
7	Етилену оксид		0,882	10,7	2,2	0,041	0/0,1	0/0,3	0/0,7	1/1	2,2/1
8	Сірниковий андигрид	0,0029	1,462	-10,1	1,8	0,049	0/0,2	0/0,5	0,3/1	1/1	1,7/1
9	Сірководень	0,0015	0,964	-60,35	16,1	0,42	0,3/1	0,5/1	0,8/1	1/1	1,2/1
10	Фосген	0,0035	1,432	8,2	0,6	0,061	0/0,1	0/0,3	0/0,3	1/1	2,2/1
11	Фтор	0,0017	1,512	-188,2	0,2	0,038	0,7/1	0,8/1	0,9/1	1/1	1,1/1
12	Хлор	0,0032	1,538	-34,1	0,6	0,052	0/0,2	0,3/1	0,5/1	1/1	1,4/1
13	Хлорпікрин		1,658	112,3	0,02	0,002	0,03	0,1	0,3	1	2,9
14	Аміак	0,0008	0,681	-33,42	15	0,025	0/0,9	0,3/1	0,5/1	1/1	1,4/1
15	Формальдегід		0,815	-19,0	0,6	0,034	0/0,4	0/1	0,5/1	1/1	1,5/1

Список рекомендованої літератури

Основна

1. Атаманюк В.Г. и др. Гражданская оборона: Учебник для вузов. 2-изд. – М., 1987. – 288с.
2. Бачинский Г.О., Беренда Н.В., Бондаренко В.Д., Васюта С.У. та ін. Основи соціоекології.- К.: Вища школа, 1995. – 238 с.
3. Безпека життєдіяльності у повсякденних умовах виробництв, побуту та надзвичайних ситуаціях / за ред. М.В. Захарченка. – Київ, 1996. – 196 с.
4. Безпека життєдіяльності: Навчальний посібник / Березуцький В.В., Васьковець Л.А., Вершиніна Н.П. та ін.; За ред. Проф. В.В. Березуцького. – Х.: Факт, 2005. – 384 с.
5. Безпека життєдіяльності / за ред. М.В. Захарченка, Львів, 1997. – 210 с.
6. Білявський Г.О., Падун М.М., Фурдуй Р.С. Основи загальної екології: Підручник для студентів природ. фак. Вищих навчальних закладів. – 2-ге вид., зі змінами. – К.: Либідь, 1995. – 368 с.
7. Бродский А.К. Краткий курс общей экологии: Учебное пособие. – СПб.: ДЕАН, 1999. – 224 с.
8. Основи екології та соціології: Навч. посібник для підпр. зв'язку / За редакцією В.М. Захарченка – Львів: За вільну Україну, 1997. – 210 с.
9. Потапов А.Д. Экология. М.: Высшая школа, 2002. – 446 с.
10. Топорков И.К. Основы безопасности жизнедеятельности: Учеб. пособие. – СПб.: ЛТА. 1994. – 176 с.
11. Чернова Н.М., Билова О.М. Екологія. – К.: Вища школа, 1986. – 231 с.

Додаткова

1. Белов С.В., Барбинов Ф.А., Козьяков А.Ф. Охрана окружающей среды: Учеб. пособие для техн. спец. вузов / Под ред. С.В. Белова. – 2-е изд., испр. и доп. – М.: Высшая школа., - 1991. – 319 с.: ил.
2. Безопасность жизнедеятельности: Краткий конспект лекций / Под ред. проф. Русака О.Н. – Санкт – Петербург. 1992. – 115 с.
3. Безопасность жизнедеятельности: Учебник / Под ред. проф. Э.А. Арустанова. – 6-е изд., перераб. И доп. – М.: Изд-во «Дашков», 2004. – 496 с.
4. Булгакова Н.Г., Василевская Л.С., Градус Л. Я. и др. Контроль за выбросами в атмосферу и работой газоочистных установок на предприятиях машиностроения: Практ. руководство. – М.: Машиностроение, 1984. – 128 с.
5. Голубець М.А. Від біосфери до соціосфери. – Львів. 1997. – 256с.
6. Горелов А.А. Экология: Учеб пособие. – М.: Центр, 1998. – 240 с.
7. Голубев А.К. Безопасность жизнедеятельности. Конспекты лекций. – Одесса, 2003. – 80 с.
8. Голубев А.К. Гражданская оборона. Конспекты лекций. – Одесса, 2002. – 68 с.
9. Гук М. та ін. Державна екологічна інспекція охорони природного середовища в Україні та Польщі. – Варшава, 1994. – 99 с.

10. Демина Т.А. Экология, природопользование, охрана окружающей среды: Учеб. пособие. – М. : Аспект Пресс, 1997. – 143 с.
11. Душков Б.А., Королев А.В., Смирнов Б.Н. Основы инженерной психологии., Екатеринбург, 2002. – 576 с.
12. Егоров П. Т., Шляхов И. А., Алабин И. И. Гражданская оборона. М.: Высшая школа, 1977.
13. Емельянов В. Методология определения мер по защите при авариях на химически опасных предприятиях / Основы БЖД. – 1999. - № 10.
14. Закон Украины 1992г. «Об охране труда».
15. Закон Украины 1993 / 1999 гг. «О гражданской обороне Украины».
16. Иванов Д.А. Инженерная экология. – А.: Изд-во Ленинградского ун-та, 1989. – 152 с.
17. Кормилицын В.И., Цицкишвили М.С., Ялашов Ю.И. Основы экологии: Учеб. пособие. – М.: МПУ, 1997. – 68 с.
18. Луконенко В.Г., Несолонов Г.Ф. Определение антропогенного воздействия производственного процесса на воздушную среду: Учеб. пособие. – Самара: Самарский гос. Аэрокосм. ун-т., 1994. – 44 с.
19. Ливчак И.Ф., Воронов Ю.В. Охрана окружающей среды. – М. : Стройиздат, 1998. – 191 с.
20. Маслов Н.Н., Коробов Ю.И. Охрана окружающей среды на железнодорожном транспорте: Учеб. пособие. – М.: Транспорт, 1996. – 238 с.
21. Максимов М.Т., Оджагов Т.О. Радиоактивное загрязнение и их измерение: Уч. Пособие. – СПб.: ЛТА, 1993. – 85 с.
22. Мучин О. Г. Безопасность жизнедеятельности. Чрезвычайные ситуации. – М. : Мир, 2003. – 80с.
23. Назарчук М.М. Соціологія. Словник-довідник. Львів:ВНТЛ, 1998.- 172 с.
24. Одум Ю. Основы экологии. М. : Мир, 1975. – 740 с.
25. Покровский В. В. Эпидемиология і профілактика вич-інфекцій и СПИДа. – М. : Медицина. 1996г.
26. Радиация. Дозы, эффекты, риск. М. : Мир, 1990. – 79 с.
27. Реймерс Н.Ф. Экология (теории, законы, правила, принципы и гипотезы). – М. : Журнал «Россия молодая», 1994. – 367 с.
28. Русак О.Н., Зайцева В.К. Беседы о безопасности: Учебное пособие. – СПб: ЛТА, 1994. – 96 с.
29. Русак О.Н. Теоретические начала безопасности деятельности: Учеб. пособие. – СПб: ЛТА, 1993. – 85 с.
30. Справочник по охране окружающей среды / В.Г. Сахаев, Б.В. Щербицкий. – К.: Будівельник, 1986. – 152 с.
31. Топорков И.К. Основы безопасности жизнедеятельности: Учеб. пособие. – СПб., - 1992. – 175 с.
32. Ющук Н. Д., Бродів Л. Е., Ахметов Д. Р. Діагностика і диференціальна діагностика гострих кишкових інфекцій.