

Міністерство освіти і науки України
Національний університет
«Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка»

Навчально-науковий інститут архітектури, будівництва та землеустрою

Р.І. Пахомов, О.Є. Зима, О.В. Редкін

**Курс лекцій
з дисципліни
«Безпека людини»**

для студентів усіх спеціальностей і форм навчання

**Модуль 2
«Основи охорони праці»**

Полтава 2021

УДК 614.8 (075.3)

Рецензенти:

Семко О.В. – докт. техн. наук, проф., зав. кафедри будівництва та цивільної інженерії, лауреат Державної премії в галузі науки і техніки;

Винников Ю.Л. – докт. техн. наук, проф., професор буріння та геології.

(Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка»)

Рекомендовано до друку науково-методичною радою Навчально-наукового інституту архітектури, будівництва та землеустрою Національного університету «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка», протокол № __ від _____ 2021 р.

Відповідальний за випуск Семко О.В. – докт. техн. наук, проф., зав. кафедри будівництва та цивільної інженерії, лауреат Державної премії в галузі науки і техніки.

Пахомов Р.І.

Курс лекцій з дисципліни «Безпека людини» для студентів усіх спеціальностей і форм навчання. Модуль 2 «Основи охорони праці» / Р. І. Пахомов, О. Є. Зима, О.В. Редкін. – Полтава: Національний університет імені Юрія Кондратюка, 2021. – 211 с.

Курс лекцій з дисципліни «Безпека людини» призначений для студентів усіх спеціальностей і форм навчання. У ньому розкрито сучасні підходи до вирішення питань безпеки персоналу та захисту населення в надзвичайних ситуаціях і формування мотивації щодо посилення особистої відповідальності за забезпечення гарантованого рівня безпеки функціонування об'єктів галузі, матеріальних та культурних цінностей у межах науково обґрунтованих критеріїв прийнятної ризику.

© Пахомов Р. І., Зима О. Є., Редкін О. В., 2021

© Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка», 2021

ЗМІСТ

ТЕМА 1. ОРГАНІЗАЦІЯ БЕЗПЕКИ ПРАЦІ НА ПІДПРИЄМСТВІ	5
1.1. Основи управління безпекою праці на підприємстві	5
1.2. Аналіз та оцінювання ступеня безпеки на підприємстві	13
1.3. Служба охорони праці підприємства	16
1.4. Навчання, інструктаж, перевірка знань і атестація з охорони праці посадових осіб і працівників	18
ТЕМА 2. РОЗСЛІДУВАННЯ НЕЩАСНИХ ВИПАДКІВ І МЕТОДИ АНАЛІЗУ ТРАВМАТИЗМУ	22
2.1. Загальні положення	23
2.2. Порядок розслідування нещасних випадків на підприємстві	24
2.3. Спеціальне розслідування нещасних випадків	25
2.4. Основні причини нещасних випадків на виробництві	26
2.5. Методи аналізу травматизму та профзахворюваності	27
ТЕМА 3. МІКРОКЛІМАТИЧНІ УМОВИ ВИРОБНИЧОГО СЕРЕДОВИЩА	33
3.1. Класифікація виробничих шкідливостей та професійних захворювань	33
3.2. Мікроклімат та його параметри	35
3.3. Мікрокліматичні умови та їх вплив на працівника	38
3.4. Контроль параметрів мікроклімату на робочих місцях	41
3.5. Оптимізація параметрів мікроклімату приміщень	44
3.6. Профілактика несприятливого впливу мікроклімату виробничого середовища	49
3.7. Профілактика отруєнь на виробництві	52
ТЕМА 4. ЗАХИСТ ВІД ПИЛУ НА ВИРОБНИЦТВІ.....	55
4.1. Причини виникнення, класифікація за фізико-механічними якостями, оцінювання шкідливості і небезпечності пилу на виробництві	55
4.2. Методи дослідження концентрації пилу на виробництві	56
4.3. Загальні напрями боротьби з пилом, колективні та індивідуальні засоби захисту	59
4.4. Вентиляція виробничих приміщень	60
4.5. Механічні та електрофізичні засоби очищення повітря від пилу	66
ТЕМА 5. ОСВІТЛЕННЯ ВИРОБНИЧИХ ПРИМІЩЕНЬ	72
5.1. Освітлення та основні світлотехнічні характеристики	72
5.2. Види та вимоги до виробничого освітлення	77
5.3. Проектування систем виробничого освітлення	81
5.4. Вимірювання та нормування освітлення	82
5.5. Методи розрахунку освітлення	84
5.6. Кольорове оформлення виробничих приміщень	86
ТЕМА 6. ІОНІЗУЮЧІ ВИПРОМІНЮВАННЯ ТА ЗАХИСТ ВІД НИХ.....	88
6.1. Види та одиниці виміру іонізуючих випромінювань	88
6.2. Вплив іонізуючого випромінювання на організм людини	93
6.3. Нормування іонізуючого випромінювання.....	95
6.4. Захист від негативного впливу іонізуючого випромінювання	96
6.5. Методи та прилади радіометричного і дозиметричного контролю.....	98

ТЕМА 7. ВПЛИВ ШУМУ І ВІБРАЦІЇ НА ЛЮДИНУ	99
7.1. Класифікація шумів і вібрації.....	99
7.2. Основні параметри, принципи розрахунку, вимірювання і нормування вібрації.....	104
7.2.1. Вимірювання вібрації.....	106
7.2.2. Нормування вібрації.....	107
7.3. Основні параметри, принципи розрахунку, вимірювання і нормування шумів.....	108
7.4. Технічні засоби й організаційні заходи захисту від шуму та вібрації.....	116
7.4.1. Заходи та засоби захисту від шуму.....	116
7.4.2. Заходи та засоби захисту від вібрації.....	118
ТЕМА 8. ОСНОВИ ЕЛЕКТРОБЕЗПЕКИ НА ВИРОБНИЦТВІ	121
8.1. Дія електроструму на організм людини.....	121
8.2. Фактори, які визначають небезпеку ураження електричним струмом	124
8.3. Класифікація приміщень із небезпеки ураження електричним струмом...	126
8.4. Організаційно-технічні засоби та заходи захисту від ураження електричним струмом	128
8.4.1. Технічні засоби захисту	128
8.4.2. Організаційні заходи з електробезпеки.....	134
8.5. Атмосферна електрика. Блискавкозахист будівель і споруд.....	135
8.6. Статична електрика, виникнення та засоби захисту	144
ТЕМА 9. ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ ПОЖЕЖНОЇ БЕЗПЕКИ	152
9.1. Суть процесу горіння. Види горіння й умови, які сприяють горінню	152
9.2. Пожежа та її особливості	159
9.3. Пожежна безпека на виробництві	163
9.4. Параметри, які визначають вибухопожежну небезпеку речовин і матеріалів.....	165
9.5. Оцінювання пожежовибухонебезпеки об'єкта.....	168
ТЕМА 10. СИСТЕМА ЗАХИСТУ БУДІВЕЛЬ І ВИРОБНИЦТВ ВІД ПОЖЕЖ	176
10.1. Протипожежні вимоги при розробленні генеральних планів підприємств і населених місць.....	176
10.2. Протипожежні проектно-конструктивні заходи у будинках та спорудах	179
10.3. Вимушена евакуація людей із будинків і споруд	189
10.3.1. Загальгі вимоги	189
10.3.2. Основні параметри руху людей	190
ТЕМА 11. СИСТЕМИ ВИЯВЛЕННЯ І ЛІКВІДАЦІЇ ПОЖЕЖ.....	193
11.1. Пожежна сигналізація та зв'язок.....	193
11.2. Засоби і способи гасіння пожеж	196
11.3. Аналіз речовин та матеріалів, що застосовуються для гасіння пожеж	197
11.4. Технічні засоби ліквідації пожеж	201
СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ.....	209

ТЕМА 1. ОРГАНІЗАЦІЯ БЕЗПЕКИ ПРАЦІ НА ПІДПРИЄМСТВІ

План лекції

- 1.1. Основи управління безпекою праці на підприємстві.
- 1.2. Аналіз та оцінювання ступеня безпеки на підприємстві.
- 1.3. Служба охорони праці підприємства.
- 1.4. Навчання, інструктаж, перевірка знань і атестація з охорони праці посадових осіб і працівників.

1.1. Основи управління безпекою праці на підприємстві

Управління безпекою праці – це підготовка, прийняття і реалізація правових, організаційних, науково-технічних, санітарно-гігієнічних, соціально-економічних та лікувально-профілактичних заходів, спрямованих на збереження життя, здоров'я і працездатності людини в процесі її трудової діяльності.

NON MULTA, SED MULTUM

У загальному випадкові управління визначається як сукупність дій, вибраних на основі відповідної інформації та спрямованих на дотримання чи покращення функціонування об'єкта відповідно до програми дій або з метою здійснення ним його основних функцій і бізнес-планів.

У будь-якій системі управління є об'єкт, яким управляють, а також орган, що здійснює управління (який називається «суб'єкт управління»).

Об'єктом управління з питань безпеки праці є умови та її стан на всіх робочих місцях підприємства (включаючи будівельні майданчики).

Головним елементом й об'єктом управління безпекою в організації є перший рівень формування безпечних умов праці на робочих місцях і об'єктах.

На більш високих рівнях об'єктом управління є відповідна діяльність адміністративних й інших підрозділів цих організацій, яка спрямована на гарантування безпечних і комфортних умов праці й здійснення будівництва.

Суб'єкт управління безпекою праці – це діяльність функціональних служб і структурних підрозділів підприємства щодо забезпечення безпечних та здорових умов на робочих місцях, цехах, будівельних ділянках і підприємстві в цілому.

У процесі управління ці органи одержують інформацію про стан об'єкта управління і стан зовнішнього середовища, в якому знаходиться і з котрим взаємодіє об'єкт управління. На основі цієї інформації органи управління формують відповідні рішення, які виконавчі органи системи реалізують у формі впливу на об'єкт управління.

У більшості випадків керівні і виконавчі органи об'єднані в одну систему – суб'єкт управління. Тоді система управління складається з двох підсистем – тієї, що керує, і тієї, якою керують.

Згідно із Законом України «Про охорону праці» (стаття 13 розділ III) на кожному підприємстві повинна бути створена й ефективно діяти система управління безпекою праці (СУОП) з використанням економічних методів. СУОП – це сукупність взаємопов'язаних елементів, які відображають політику і цілі безпеки праці та процедури досягнення цих цілей.

Зверніть увагу! СУОП – це регламентована нормативними й організаційно-методичними документами діяльність, система управління ризиками в галузі охорони здоров'я та безпеки праці, які пов'язані з діяльністю підприємства (15 вересня 2015 р. офіційно вийшов реліз нової версії міжнародного стандарту ISO 14001:2015 «Системи екологічного менеджмента – вимоги і

керівництво до виконання». 12 березня 2018 р. вийшов реліз нової версії міжнародного стандарту ISO 45001:2018 «Системи менеджмента охорони здоров'я і безпеки праці – вимоги і рекомендації до виконання» (замість OHSAS 18001:2007). Перехідний період до нових версій складає 36 місяців (3 роки) із моменту виходу нової версії).

Сутність СУОП полягає у створенні комплексної системи профілактики небезпечних ситуацій, що виникають у процесі виконання робіт, попередженні і мінімізації виробничих небезпек, ризиків та матеріальних збитків.

Зверніть увагу! Основні положення функціонування СУОП мають відповідати вимогам ДСТУ ГОСТ 12.0.230-2008 «Система стандартів безпеки труда. Системи управління охороною труда. Общие требования». Орієнтовна структура СУОП у будівельній організації наведена на рис. 1.1.



Рис. 1.1. Структура системи управління безпекою праці (СУОП) в організації

Метою СУОП є безпечні та нешкідливі умови праці для працівників в усіх виробничих процесах. При цьому повинне забезпечуватися не тільки своєчасне усунення будь-яких порушень нормативних актів з безпеки праці, а й здійснюватися заходи щодо попередження можливості їх виникнення.

Основні цілі функціонування СУОП досягаються:

- визначенням прав, обов'язків, інтересів і відповідальності всіх категорій

працівників стосовно дотримання норм і правил охорони праці;

- організацією ефективною системою навчання;
- безперервним і дієвим контролем за станом виконання умов з безпеки праці на робочих місцях;
- запровадженням єдиної системи аналізу та оцінювання ступеня безпеки, рівня ризику виробництва тощо;

- стимулюванням процесів зниження рівня травматизму і захворювань.

Основними принципами функціонування СУОП є:

- пріоритет життя та здоров'я працівників підприємства над результатами виробничої діяльності;
- одноосібне керівництво та повна відповідальність роботодавця за створення безпечних і нешкідливих умов праці;
- відповідність заходів і засобів з охорони праці рівню потенційної небезпеки виробничих об'єктів з урахуванням фактичного стану умов праці на робочих місцях;

- економічна зацікавленість роботодавця та працівників у поліпшенні умов і безпеки праці.

СУОП є підсистемою системи управління адміністративною та виробничо-господарською діяльністю організації, що орієнтована на проведення попереджувальних дій, які запобігають виникненню небезпечних ситуацій та дозволяють кожному рівню виробничого ризику протиставляти матеріальний (технічний, фізичний, хімічний тощо) або нематеріальний (регламентація, профвідбір, навчання тощо) бар'єр (перешкоду).

На різних рівнях системи управління підприємством керівництво й відповідальність за безпеку праці здійснюють:

- на підприємстві в цілому – роботодавець;
- у структурному підрозділі – керівник цього підрозділу;
- на робочому місці – безпосередній відповідальний виконавець (керівник) робіт.

NON MULTA, SED MULTUM

Роботодавець повинен визначити і внести до посадових інструкцій обов'язки з безпеки праці для всіх своїх заступників, начальників відділів і служб, які йому безпосередньо підпорядковані. При цьому СУОП передбачає опрацювання і затвердження роботодавцем окремих нормативних документів: положень та інструкцій з питань безпеки праці, які є обов'язковими для виконання на підприємстві.

Зверніть увагу! *Загальне керівництво* роботами зі створення в організації СУОП і забезпечення її функціонування *покладається на роботодавця, а організаційно-методична робота з управління безпекою праці – на службу (відділ або інженера) охорони праці.*

Критеріями ефективності функціонування СУОП є:

- зростання показників продуктивності праці завдяки поліпшенню умов і безпеки праці;
- покращення технічних, санітарно-гігієнічних, психофізіологічних і санітарно-побутових умов праці;
- поліпшення профілактичної діяльності у сфері охорони та безпеки праці;

- зменшення кількості травмонебезпечних ситуацій і, як наслідок, зниження рівня травматизму й профзахворюваності.

Для забезпечення функціонування СУОП в організації (на підприємстві) має бути розроблений певний *комплекс документів, зокрема:*

- функціональні та посадові обов'язки учасників трудового процесу (від працівника до роботодавця);
- перелік порушень норм і правил безпеки праці, характерних для певного технологічного процесу;
- методика оцінювання результатів діяльності у сфері безпеки й охорони праці;
- система стимулювання працівників.

Роботодавець зобов'язаний створити на робочому місці у кожному структурному підрозділі умови праці відповідно до нормативно-правових актів, а також забезпечити додержання вимог законодавства щодо прав працівників у галузі охорони праці. Для цього він забезпечує функціонування системи управління безпекою праці (СУОП), а саме:

- створює відповідні служби та призначає посадових осіб, які забезпечують вирішення конкретних питань з охорони праці, затверджує інструкції щодо їх обов'язків, прав та відповідальності за виконання покладених на них функцій, а також контролює їх дотримання;

- за участю сторін колективного договору розробляє та реалізує комплексні заходи для досягнення встановлених нормативів і підвищення наявного рівня охорони праці;

- забезпечує виконання необхідних профілактичних заходів відповідно до ситуації, що змінюється;

- упроваджує прогресивні технології, останні досягнення науки та техніки, сучасні засоби механізації й автоматизації виробництва, вимоги ергономіки, позитивний світовий та вітчизняний досвід з охорони праці тощо;

- забезпечує належне утримання будівель і споруд, виробничого обладнання та устаткування, моніторинг за їх технічним станом;

- забезпечує усунення причин, що призводять до нещасних випадків і професійних захворювань, а також здійснення профілактичних заходів, визначених комісіями за підсумками розслідування цих причин ;

- організовує проведення аудиту з безпеки праці, лабораторних досліджень умов праці, оцінювання технічного стану виробничого обладнання й устаткування, атестації робочих місць на їх відповідність нормативно-правовим актам з охорони праці в порядку і строки, що визначаються законодавством, а також за їх підсумками вживає заходів щодо усунення небезпечних і шкідливих для здоров'я людини виробничих факторів;

- розробляє й затверджує положення, інструкції, інші акти з безпеки праці, які діють у межах підприємства, встановлює правила виконання робіт і поведінки працівників на території підприємства, у виробничих приміщеннях, на будівельних майданчиках, робочих місцях відповідно до нормативно-правових актів з охорони праці, забезпечує безоплатно працівників

нормативно-правовими актами та інструкціями підприємства з охорони праці;

- здійснює контроль за дотриманням працівником технологічних процесів, правил поведінки з машинами, механізмами, устаткуванням та іншими засобами виробництва, використанням засобів колективного й індивідуального захисту, виконанням робіт відповідно до вимог з охорони праці;

- організовує пропаганду безпечних методів праці та співробітництво з фахівцями у галузі безпеки праці;

- уживає термінових заходів для допомоги потерпілим, за необхідності залучає професійні аварійно-рятувальні формування у разі виникнення на підприємстві аварій та нещасних випадків.

В основній ланці господарського механізму систему і процес управління безпеки праці слід розглядати як обов'язкову цілісну підсистему загальної системи корпоративного менеджменту. Якість системи управління безпекою праці на підприємстві досягається за рахунок виконання комплексу управлінських функцій.

Функція управління – комплекс взаємопов'язаних видів діяльності, що здійснюються суб'єктом управління для цілеспрямованого впливу на об'єкт управління. *Функціями управління охороною праці слід уважати:*

- **облік, аналіз, оцінювання стану безпеки й охорони праці;**

NON MULTA, SED MULTUM

Оцінювання стану охорони праці і результатів профілактичної роботи здійснюється за прийнятими на підприємстві показниками. Для цього як джерело вихідної інформації використовують:

- акти про нещасні випадки, звіти про виробничий травматизм;
- паспорти санітарно-технічного стану умов праці та карти умов праці на робочих місцях, матеріали атестації робочих місць;
- журнали оперативного контролю за станом охорони праці структурного підрозділу;
- акти і приписи перевірок стану охорони праці.

Узагальнені дані про стан охорони праці та результати профілактичної роботи готуються службою охорони праці. Вони підлягають обов'язковому розгляду й аналізу на всіх рівнях управління підприємства.

- **планування та виконання заходів з охорони праці та техніки безпеки;**

NON MULTA, SED MULTUM

Розглядаючи систему і процес планування діяльності структурних і виробничих підрозділів, функціональних служб із забезпечення безпеки праці, можна зазначити, що у системі планування роботи з охорони праці застосовується:

- *перспективне* планування (план комплексних заходів) – розробляється на основі комплексного (натурного) обстеження стану охорони праці за всіма напрямками в усіх підрозділах і на всіх робочих місцях, на кілька років (до 5...10 років);
- *середньострокове* планування на 2...5 років;
- *поточне (річне)* планування, котре розроблюється як складова частина (угода) колективного договору між власником і трудовим колективом на виконання першочергових завдань охорони праці;
- *оперативне* планування (місячне, декадне), котре стосується того, що головні спеціалісти, відповідальні інженерно-технічні працівники у свої плани роботи включають питання охорони праці відповідно до своїх посадових обов'язків.

У відповідних планах визначаються конкретні завдання, процедури і заходи з

охорони праці на рівні підприємства в цілому, для кожного окремого підрозділу, відповідального персоналу та працівника тощо.

Планування робіт здійснюється на основі:

- заходів, що забезпечують досягнення встановлених нормативів безпеки праці, гігієни праці і виробничого середовища;
- заходів, що передбачені колективним договором;
- заходів для усунення недоліків і виконання приписів органів нагляду і громадських організацій, комісій з охорони праці тощо;
- заходів для усунення недоліків, виявлених при розслідуванні нещасних випадків.

фінансування працезохоронних заходів;

NON MULTA, SED MULTUM

Фінансування заходів з охорони праці на підприємстві виконується з урахуванням положень Закону України «Про охорону праці» (стаття 19), а також згідно з угодою, яка є обов'язковим додатком до колективного договору.

Для підприємств, незалежно від форм їх власності, або фізичних осіб, які використовують найману працю, витрати на безпеку праці повинні становити не менше 0,5 відсотка від фонду оплати праці за попередній рік.

На підприємствах, що утримуються за рахунок бюджету, витрати на безпеку праці передбачаються у державному або місцевих бюджетах і становлять не менше 0,2 відсотка від фонду оплати праці.

Ці кошти не підлягають оподаткуванню та можуть використовуватися тільки на заходи для підвищення безпеки праці.

Суми витрат з безпеки праці, що належать до валових витрат юридичної чи фізичної особи, яка відповідно до законодавства використовує найману працю, визначають відповідно до переліку заходів і засобів з безпеки праці, що затверджується Кабінетом Міністрів України.

За порушення вимог законодавства щодо фінансування заходів з безпеки праці юридична чи фізична особа, яка відповідно до законодавства використовує найману працю, сплачує штраф у розмірі *25 відсотків різниці між розрахунковою мінімальною сумою витрат на безпеку праці у звітному періоді та фактичною сумою цих витрат за зазначений період.*

Несплата або неповна сплата юридичними чи фізичними особами, які відповідно до законодавства використовують найману працю, штрафу тягне за собою нарахування пені на несплачену суму штрафу (його частини) в розмірі *120 відсотків* річних облікової ставки Національного банку України, яка діяла в період такої несплати, за кожен день прострочення.

- **оперативне управління системою безпеки** в усіх підрозділах на об'єктах під час виконання виробничих та інших операцій;
- **організація і координація** виконання заходів із забезпечення безпеки праці і функціонування СУОП;
- **контроль за станом безпеки праці** і функціонуванням СУОП;
- **стимулювання підвищення рівня безпеки праці.**

NON MULTA, SED MULTUM

До працівників можуть застосовуватися різні форми заохочення за активну участь та ініціативу за втілення заходів щодо підвищення рівня безпеки та поліпшення умов праці. Види заохочень визначаються колективним договором та іншими угодами.

При визначенні розміру страхового внеску для кожного підприємства Фондом

соціального страхування від нещасних випадків за умови досягнення належного стану охорони праці та зниження рівня або відсутності травматизму й професійних захворювань унаслідок виконання роботодавцем відповідних профілактичних заходів може бути встановлено знижку або надбавку до розміру страхового внеску відповідно за відсутність або наявність високого рівня травматизму і професійної захворюваності чи неналежний стан безпеки праці.

Розрахунок розміру страхового внеску із застосуванням знижок та надбавок для кожного підприємства проводиться відповідно до законодавства про загальнообов'язкове державне соціальне страхування від нещасного випадку на виробництві та професійного захворювання, які спричинили втрату працездатності.

Зверніть увагу! Перелічені вище функції реалізуються керівниками структурних і функціональних підрозділів будівельної організації спільно з фахівцями служби охорони праці і робітниками цього підприємства на принципах соціального партнерства.

На кожному рівні управління безпекою праці розв'язуються такі *основні завдання*:

Ї навчання працівників безпечним методам праці та пропаганда питань з охорони праці;

Ї забезпечення безпеки виробничого устаткування та обладнання;

NON MULTA, SED MULTUM

Забезпечення безпеки технологічного обладнання й устаткування, засобів зв'язку, оргтехніки, транспортних засобів, систем тепло-, водо- і газопостачання, що застосовуються або вводяться в експлуатацію, досягається за рахунок:

- призначення осіб, відповідальних за утримання цього устаткування в безпечному стані;
- проведення попереднього (вхідного) контролю устаткування на відповідність вимогам норм і правил з охорони праці і наявності сертифікатів відповідності;
- вивчення проектної і технічної документації, а також визначення заходів безпечної експлуатації устаткування, що є у відповідних інструкціях;
- установа порядку введення нового устаткування чи такого, яке пройшло ремонт після відпрацювання амортизаційного терміну;
- своєчасного навчання персоналу, який обслуговує та використовує устаткування;
- організації своєчасного проведення ремонтів і випробувань згідно з графіками виконання планово-попереджувальних ремонтів.

Для устаткування підвищеної небезпеки встановлюється порядок уведення в експлуатацію, організації нагляду його підтримки у належному та безпечному стані.

Виробниче устаткування і транспортні засоби, що вводяться в експлуатацію після капітального ремонту, повинні відповідати вимогам нормативних актів про охорону праці.

Ї організація безпечних і комфортних умов виконання виробничих процесів;

NON MULTA, SED MULTUM

Безпека виробничого процесу досягається шляхом реалізації обов'язкових інженерно-технічних, організаційно-технологічних та інших заходів при його проектуванні, проведенні будівельних і пуско-налагоджувальних робіт, експлуатаційних випробувань, а також усього комплексу заходів з охорони праці й техніки безпеки під час виробничої діяльності та технічного обслуговування чи модернізації.

Проекти на будівництво, реконструкцію в розділі «Охорона праці» повинні мати вимоги безпеки виробничих процесів і передбачати усунення безпосереднього контакту з небезпечними і шкідливими виробничими факторами.

Безпека виробничого процесу досягається за рахунок:

- вибору належних і сучасних технологічних процесів;
- проектування необхідних виробничих площ і об'ємів виробничих приміщень;
- вибору матеріалів, способів їх зберігання і транспортування;
- вибору і розміщення виробничого устаткування;
- навчання персоналу;
- застосування засобів індивідуального (ЗІЗ) і колективного захисту (ЗКЗ);
- уключення вимог охорони праці в інструкції з експлуатації устаткування чи в технологічні карти.

Ї гарантування безпеки будівель, споруд та інженерних мереж;

NON MULTA, SED MULTUM

Проектна документація щодо будівництва та реконструкції будівель і споруд повинна проходити експертизу на відповідність її вимогам нормативних актів з охорони праці та пожежної безпеки.

Безпечна експлуатація будівель, споруд та інженерних мереж досягається шляхом:

- призначення осіб, відповідальних за їх експлуатацію;
- проведення нагляду за їх технічним станом;
- призначення осіб, відповідальних за утримання їх у належному стані;
- організації періодичного обстеження і планово-попереджувального ремонту.

Ї організація комфортних і безпечних умов праці, а саме: повне виконання нормативно-правових вимог і санітарно-гігієнічних умов праці;

Ї забезпечення оптимальних режимів організації праці та відпочинку працівників;

Зверніть увагу! Оптимальні режими організації праці і відпочинку для працівників встановлюються з урахуванням специфіки їх праці, в першу чергу на роботах із підвищеними фізичними та нервово-емоційними навантаженнями, в умовах монотонності, впливу небезпечних і шкідливих факторів. Створення для працівників пільгового режиму праці і відпочинку згідно з нормативами має бути визначено колективним договором.

Ї організація лікувально-профілактичного обслуговування працюючих;

Ї санітарно-побутове обслуговування працівників;

Ї професійний відбір працівників за певними спеціальностями.

Зверніть увагу! Професійний підбір працівників встановлює фізичну і психофізіологічну придатність певних категорій персоналу окремих спеціальностей (водій транспортних засобів, електромонтер, диспетчер тощо) щодо їх можливості безпечного виконання робіт.

При виконанні зазначених завдань власник (уповноважений ним орган) має керуватися відповідними статтями Кодексу законів про працю України, Законом України «Про охорону праці», а також іншими нормативно-правовими актами з перелічених питань.

Зверніть увагу! Робітники організації повинні бути ознайомлені з Положенням про систему управління безпекою праці (СУОП), яка має бути обговорена та ухвалена під час підписання колективного договору.

1.2. Аналіз та оцінювання ступеня безпеки на підприємстві

Система управління безпекою праці в організації (на підприємстві) призначена для створення і забезпечення безпечних та нешкідливих умов праці на основі дотримання правил техніки безпеки, виробничої санітарії і гігієни праці та пожежної безпеки.

Організація системи стимулювання працівників за рівнем безпеки праці можлива за умов використання кількісних показників роботи в їх сфері діяльності, що передбачає періодичне оцінювання рівня безпеки праці на відповідному робочому місці (ділянці робіт).

Оцінювання умов праці проводиться на основі паспортизації санітарно-технічного стану ділянок робіт (цехів) шляхом порівняння фактичних значень певних чинників із нормативними (мінімальними або гранично допустимими). При цьому рейтинг за i -м чинником (X_i) визначають як відношення кількості робочих місць, на яких значення цього показника перевищує нормативну величину, до їх загальної кількості. За відсутності шкідливої дії чинника його значення приймають рівним нулю. Якщо фактичне значення чинника перевищує нормативне, його оцінка на досліджуваних робочих місцях змінюється від 0 до 1 ($X_{max}=1$). Якщо значення чинника дорівнює нормативному показнику, його оцінку (X_n) приймають рівною 0,1.

Комплексна оцінка умов праці виконується за формулою

$$K_{y.m} = K_{\phi} / K_{max},$$

$$\text{де } K_{\phi} = \sqrt{\sum_{i=1}^m (x_n - x_i)^2}; \text{ при } x_i > 0; \quad K_{max} = \sqrt{\sum_{i=1}^m (x_{max} - x_n)^2}, \text{ тут } K_{\phi} -$$

коефіцієнт умов праці за фактичною оцінкою чинника; K_{max} – те ж, за максимальною оцінкою.

Рівень безпеки праці ($K_{б.м}$) оцінюють як середньоарифметичне значення коефіцієнтів, що характеризують: підготовку з питань безпеки праці інженерно-технічних працівників і робітників (X_1); відповідність вимогам безпеки праці техніки і технології ведення робіт (X_2); дотримання вимог техніки безпеки робітниками при виконанні робіт (X_3).

Для оцінювання коефіцієнтів безпеки праці застосовують класифікатор, в якому параметри: X_1 ураховують відповідність професії і кваліфікації виконуваних робіт, інструктажу, навчання, атестації працівників, дотримання правил допуску до робіт, режиму праці і відпочинку, санітарно-побутове забезпечення; X_2 – наявність і якість організаційно-технологічної документації, наявність, справність машин, механізмів, технологічного оснащення і ручного механізованого інструменту, засобів колективного та індивідуального захисту; X_3 – дотримання працівниками вимог і правил з охорони праці, функціональних обов'язків, інструкцій щодо безпечного ведення робіт, застосування засобів захисту, дотримання особистої безпеки.

Значення коефіцієнтів безпеки X_1 , X_2 ; X_3 визначають як відношення числа вимог класифікатора, що не відповідають нормам, до загальної кількості вимог класифікатора:

$$X_i = n_i / n_{\text{заг.}}$$

При цьому рівень безпеки праці визначають за формулою

$$K_{б.м} = (X_1 + X_2 + X_3) / 3.$$

Для оцінювання трудового внеску робітників, інженерно-технічних працівників (ІТП) і керівників за результатами роботи організації (підприємства) за умов втілення економічних методів колективного стимулювання результатів праці застосовують коефіцієнт трудової участі (КТУ) в межах $0 \dots 1,5$, який щомісячно розраховується за визначеними виробничими показниками з урахуванням $K_{б.м}$.

Коефіцієнт безпеки праці враховує рівень організації безпечних умов праці керівниками та ІТП згідно з їх посадовими обов'язками і рівень дотримання вимог охорони праці робітниками відповідно до інструкцій із безпечного виконання робіт. Залежно від значення $K_{б.м}$ ($0 \dots 1$) або частоти порушень вимог безпеки праці встановлюються підвищуючий або знижуючий КТУ ($0,1 \dots 0,3$) для робітників, ІТП і керівників. Ці показники щомісячно враховуються при визначенні розміру премії чи штрафних санкцій працівників.

Конкретні значення КТУ для кожного працівника на об'єкті (підприємстві) щомісячно встановлює правління підприємства за наслідками оперативного контролю.

Натурні обстеження стану охорони праці здійснюють з метою профілактики виробничого травматизму і захворюваності, планування ефективних заходів щодо оптимізації умов праці. Натурні обстеження розрізняють за видами (комплексні або спеціальні, виконавцями (обстеження органами Держпраці, адміністративними органами або громадськими організаціями), характером і призначенням.

Комплексні обстеження полягають у перевірці контролюючими органами (міністерство, комбінат, трест, технічна інспекція праці) всіх сторін діяльності підприємства або будівельної організації, прямо або побічно пов'язаних із забезпеченням безпечних і здорових умов праці.

Контролюючий орган, що очолює комплексне обстеження, заздалегідь визначає склад, об'єм і зміст робіт, установлює круг організацій, які повинні взяти участь в обстеженні, уточнює терміни і можливості проведення обстеження в наміченому об'ємі. Остаточо узгоджений термін письмово повідомляється всім організаціям – учасникам обстеження.

Кожен учасник комплексного обстеження (представник міністерства, технічний інспектор праці, представник Державної інспекції, юрист, санітарний лікар, бухгалтер-ревізор, голова комісії з безпеки праці, інженер із техніки безпеки і ін.) до початку перевірки на підставі загального плану складає свій план проведення обстеження. До початку комплексного обстеження рекомендується провести збори робітників, ІТР, окремих цехів, ділянок об'єктів для ознайомлення їх з майбутньою роботою і залучення членів колективу до комплексної перевірки.

У ході обстеження необхідно перевірити правильність оформлення лікарняних листів із виробничих травм і профзахворювань; наявність і стан

обліку актів за формою Н-1; відсутність прихованих виробничих травм; витрати й облік грошових коштів і матеріальних ресурсів, що виділяються на номенклатурні заходи щодо охорони праці; порядок видачі, обліку і списання спецодягу і т.д.

Для виявлення всіх випадків травматизму і його фактичного стану слід установлювати контакти з травматологічними пунктами лікарень, поліклінік і інших медичних установ, які реєструють усі випадки травматизму перед видачею лікарняних листів.

Щоб у процесі обстеження охопити всі сторони роботи адміністрації і колективу в області безпеки праці, необхідно всім учасникам комплексної перевірки розробити єдиний запитальник із техніки безпеки, виробничої санітарії, трудового законодавства і збирати необхідні дані про участь громадськості у створенні безпечних і здорових умов праці.

У запитальнику слід в першу чергу звернути увагу на загальні організаційно-технічні питання з охорони праці:

- Ø наявність організаційно-технологічної документації;
- Ø виконання угоди по охороні праці і відповідного розділу колективного договору;
- Ø дотримання вимог ССБП при інструктажі і навчанні безпечним методам праці;
- Ø проведення навчання й атестації робітників в умовах підвищеної небезпеки (кранівники, стропальники, електрики, газоелектрозварники, бульдозеристи та ін.);
- Ø забезпечення робітників спецодягом, спецвзуттям та іншими засобами індивідуального і колективного захисту; організація ремонту і прання спецодягу, роботи комісії по прийманню і контролю за видачею, зберіганням, списанням засобів індивідуального захисту;
- Ø оформлення допуску робітників до роботи з підвищеною небезпекою, наявність посвідчень і допусків;
- Ø стан виробничого травматизму, розслідування й обліку виробничих травм і професійних захворювань, проведення розбору виробничих травм на зборах і вживання заходів адміністрацією;
- Ø упровадження стандартів безпеки праці і дотримання їх вимог на об'єктах;
- Ø виконання заходів щодо безпеки праці, передбачених у комплексному плані поліпшення умов, охорони праці і санітарно-оздоровчих заходів;
- Ø стан пропаганди охорони праці, наявність кабінетів і куточків із охорони праці;
- Ø проведення лекцій з трудового законодавства, гігієні праці та ін.;
- Ø стан виховної роботи із безпеки праці;
- Ø стан шкідливих виробничих чинників на робочих місцях (вібрація, шум, запилення і загазованість повітря, освітленість робочих місць);
- Ø наявність і ефективність роботи вентиляційних систем, організація технічного обслуговування, стан машин, механізмів, технологічного оснащення, механізованого інструменту;

- Ø санітарно-побутове забезпечення робітників на об'єктах;
- Ø стан технічної естетики і культури виробництва (забарвлення захищаючих конструкцій і виробничих приміщень, технологічного устаткування й оснащення, стан робочих місць, огорожа небезпечних зон);
- Ø організацію медичного обслуговування робітників, ІТР, службовців (профілактична робота медпунктів, дотримання термінів медичних обстежень, організація обліку, загальних і професійних захворювань і т.п.);
- Ø дотримання трудового законодавства, режиму праці і відпочинку жінок та підлітків, а також застосування наднормових робіт і робіт у вихідні дні.

Після обстеження представники міністерств, органів Держпраці і контролю готують довідки по відповідних розділах і у призначений планом термін здають їх голові комісії, який готує акт комплексного обстеження. В акті повинна бути подана об'єктивна оцінка стану охорони праці, що відображає основні недоліки і порушення, виявлені в процесі перевірки.

Одночасно з довідками представники відомчого контролю або Держпраці видають адміністрації розпорядження із усунення порушень правил техніки безпеки, норм виробничої санітарії і трудового законодавства. У розпорядженні також установлюються терміни виконання окремих заходів.

Якщо комплексне обстеження проводять спільно з профспілковим комітетом, із залученням окремих служб Держпраці, про результати обстеження складають акт і видають розпорядження виконробу або начальнику цеху.

При проведенні *спеціальних цільових перевірок* комісія детально вивчає виконання певних заходів або положень з охорони праці в цілому по будівельному управлінню (підприємству): технічний стан вантажопідйомних машин і механізмів, забезпечення робітників засобами індивідуального захисту, стан санітарно-побутового забезпечення, впровадження стандартів ССБП у виробництво й ін.

1.3. Служба охорони праці підприємства

Згідно з **НПАОП 0.00-4.21-04** «Типове положення про службу охорони праці підприємства», ця служба створюється власником або уповноваженим ним органом на підприємствах, в установах, організаціях незалежно від форм власності та видів їх діяльності для організації виконання правових, організаційно-технічних, санітарно-гігієнічних, соціально-економічних і лікувально-профілактичних заходів, спрямованих на запобігання нещасним випадкам, професійним захворюванням й аваріям у процесі праці. Служба охорони праці входить до структури підприємства, установи, організації як одна з основних виробничо-технічних служб. Ліквідація служби охорони праці допускається тільки у разі ліквідації підприємства.

Служба охорони праці підприємства створюється при чисельності працюючих 50 чоловік і більше.

При меншій чисельності працюючих її функції можуть виконувати у порядку сумісництва особи, які пройшли перевірку знань з охорони праці.

При чисельності працюючих від 51 до 500 чол. (невиробнича сфера – від 101 до 500) – передбачається 1 штатний працівник служби охорони праці. На підприємствах, де використовуються вибухові матеріали чи сильнодіючі отруйні речовини, у такій службі повинно бути не менше ніж два спеціалісти.

При чисельності більше 501 чол. кількість штатних працівників служби розраховується за формулою

$$M_1 = 2 + P_{cp} \times k_1 / \Phi,$$

де P_{cp} – середньосписочна кількість працівників підприємства;

Φ – ефективний річний фонд робочого часу спеціаліста з охорони праці (1820 год.); k_1 – коефіцієнт, що враховує небезпечність і шкідливість виробництва,

$$k_1 = 1 + (P_n + P_{ш}) / P_{cp},$$

де P_n , $P_{ш}$, – чисельність працюючих відповідно на роботах підвищеної небезпеки (що підлягають щорічній атестації з охорони праці) і в шкідливих умовах (незалежно від рівня концентрації шкідливої речовини).

Основні *функції* служби охорони праці:

1. Упроваджує ефективну систему управління охороною праці.
2. Проводить оперативно-методичне керівництво роботою з охорони праці.
3. Складає і впроваджує разом зі структурними підрозділами комплексні заходи з охорони праці.
4. Проводить вступний інструктаж.

Згідно з типовим положенням про службу охорони праці, вона виконує такі *завдання*:

1. Забезпечення безпеки виробничих процесів, устаткування, споруд;
2. Забезпечення працівників засобами індивідуального й колективного захисту;
3. Професійна підготовка і підвищення кваліфікації працівників з питань охорони праці, пропаганди безпечних методів праці;
4. Вибір оптимальних режимів праці та відпочинку працівників;
5. Професійний добір виконавців для визначених видів робіт.

Служба організує:

- 1) забезпечення працюючих нормативними документами;
- 2) санітарно-технічну паспортизацію робочих місць, цехів;
- 3) облік і аналіз нещасних випадків;
- 4) підготовку статистичних звітів;
- 5) розробку перспективних та поточних планів;
- 6) підвищення кваліфікації і перевірку знань.

Служба бере участь у:

- 1) розслідуванні нещасних випадків;
- 2) формуванні фонду охорони праці;
- 3) роботі комісії по введенню в дію об'єктів;
- 4) розробці положень та інструкцій;
- 5) роботі постійно діючих комісій.

Служба контролює:

- 1) дотримання законодавства, нормативних актів, посадових інструкцій;
- 2) виконання приписів контролюючих органів;
- 3) відповідність нормативним актам машин, механізмів, технологій;
- 4) своєчасне проведення навчання, перевірки знань, інструктажів;
- 5) забезпечення засобами індивідуального захисту;
- 6) виконання заходів, наказів, розпоряджень.

1.4. Навчання, інструктаж, перевірка знань і атестація з охорони праці посадових осіб і працівників

Згідно з **НПАОП 0.00-4.12-05** «Типове положення про порядок проведення навчання і перевірки знань з питань охорони праці» навчання й інструктаж є складовою частиною системи управління безпекою праці.

Усі працівники, що приймаються на роботу та у процесі роботи проходять за рахунок роботодавця навчання, інструктажі з питань охорони праці (ОП), вивчають правила надання першої долікарської допомоги потерпілим від нещасних випадків, а також правила поведінки в разі аварійних ситуацій.

Зверніть увагу! Відповідно до Закону України «Про охорону праці» (ст. 18) допуск до роботи працівників, у тому числі посадових осіб, які не пройшли навчання, інструктаж і перевірку знань з ОП, **заборонений**.

Навчання з питань охорони праці – це навчання працівників, учнів, курсантів, студентів, слухачів з метою отримання необхідних знань і навичок з питань охорони праці або безпечного ведення робіт.

Навчання з питань ОП проводиться у формах:

- Ø інструктажів з ОП;
- Ø стажування на робочому місці;
- Ø підвищення кваліфікації працівників;
- Ø тематичних семінарів, лекцій, консультацій і т.д.

NON MULTA, SED MULTUM

Спеціальне навчання – щорічне вивчення працівниками, які залучаються до виконання робіт з підвищеною небезпекою або там, де є потреба в професійному доборі, вимог відповідних нормативно-правових актів з охорони праці.

Стажкування – набуття особою практичного досвіду виконання виробничих завдань і обов'язків на робочому місці підприємства після теоретичної підготовки до початку самостійної роботи під безпосереднім керівництвом досвідченого фахівця.

Дублювання – самостійне виконання працівником професійних обов'язків на робочому місці під наглядом досвідченого працівника з обов'язковим проходженням протиаварійного і протипожежного тренувань.

Робота з підвищеною небезпекою – робота в умовах впливу шкідливих та небезпечних виробничих чинників або така робота, де є потреба в професійному доборі чи яка пов'язана з обслуговуванням, управлінням, застосуванням технічних засобів праці або технологічних процесів, що характеризуються підвищеним ступенем ризику виникнення аварій, пожеж, загрози життю, заподіяння шкоди здоров'ю, майну, довкіллю.

Розрізняють навчання посадових осіб, тобто керівників, і робітників.

Усі посадові особи відповідно до початку виконання своїх обов'язків і періодично – один раз на три роки – проходять навчання і перевірку знань з питань ОП. Навчання керівників підприємств проводиться у навчальних закладах, які мають відповідний дозвіл органів Держпраці. Керівники, які не пройшли навчання і перевірку знань або при повторній перевірці показали незадовільні результати, звільняються з посади.

Навчання керівників більш низького рангу організує на підприємстві відділ ОП. Для перевірки знань посадових осіб і спеціалістів наказом по підприємству створюється комісія, яку очолює перший керівник або його заступник, або керівник служби ОП.

При незадовільних результатах перевірки знань з питань охорони праці працівники протягом *одного місяця* повинні пройти повторне навчання і повторну перевірку знань. Позачергова перевірка проводиться:

- Ø при введенні нових або переглянутих норм;
- Ø при введенні нового устаткування, технології обробки матеріалів;
- Ø при переведенні на іншу роботу;
- Ø за вимогою державного інспектора.

Для робітників заняття проводяться за типовими програмами.

Перевірку знань проводить комісія у складі не менше 3-х чоловік, які пройшли попереднє навчання та перевірку знань. Перелік питань для перевірки знань з охорони праці працівників, з урахуванням специфіки виробництва, складається членами комісії та затверджується роботодавцем. Результати перевірки заносяться у протокол. Особи, що не пройшли перевірки, до роботи не допускаються.

Однією із форм навчання є проведення інструктажів з охорони праці.

За характером і часом проведення інструктажі з питань охорони праці поділяються на вступний, первинний, повторний, позаплановий та цільовий.

Ø **Вступний інструктаж** проводиться спеціалістом з охорони праці або іншим фахівцем, на якого покладені ці обов'язки, у спеціально обладнаному кабінеті за програмою, розробленою службою охорони праці з урахуванням особливостей виробництва. Програма та тривалість інструктажу затверджуються керівником підприємства.

Вступний інструктаж проводять:

- з усіма працівниками, яких приймають на постійну або тимчасову роботу;
- з працівниками інших організацій, які прибули на підприємство і беруть безпосередню участь у виробничому процесі або виконують інші роботи для підприємства;
- з учнями та студентами, які прибули на підприємство для проходження практики;
- у разі екскурсії на підприємство.

Ø **Первинний інструктаж** проводиться індивідуально або з групою осіб одного фаху до початку роботи безпосередньо на робочому місці згідно із затвердженими на підприємстві інструкціями з охорони праці відповідно до

виконуваних робіт.

Первинний інструктаж проводиться:

- з новоприйнятим на підприємство працівником;
- при переведенні з одного цеху виробництва до іншого;
- при виконанні працівником нової для нього роботи;
- з відрядженим працівником, який бере безпосередню участь у виробничому процесі;
- на початку занять у кожному кабінеті, лабораторії і т.д., де навчальний процес пов'язаний з небезпечними та шкідливими чинниками;
- на початку вивчення кожного нового предмета навчального плану – із загальних вимог безпеки, пов'язаних з тематикою й особливостями проведення цих занять.

Ø **Повторний інструктаж** проводиться на робочому місці індивідуально або з групою працівників, які виконують однотипні роботи, в терміни, визначені чинними галузевими нормативними актами чи керівником підприємства з урахуванням конкретних умов праці, але не рідше:

- на роботах з підвищеною небезпекою – 1 раз на три місяці;
- для решти робіт – 1 раз на шість місяців.

Ø **Позаплановий інструктаж** проводиться на робочому місці або в кабінеті охорони праці індивідуально чи з групою працівників одного фаху у таких випадках:

- при введенні в дію нових нормативних актів з охорони праці або при внесенні змін і доповнень у них;
- при зміні технологічного процесу, устаткування, сировини та ін.;
- при виявленні порушень працівниками вимог нормативних документів, що можуть призвести або призвели до травм, аварій і т.д.;
- при виявленні особами, які здійснюють нагляд і контроль за станом охорони праці, незнання вимог безпеки при виконанні певних робіт;
- при перерві у роботі більш ніж 30 календарних днів – для робіт з підвищеною небезпекою, а для решти робіт – 60 днів.

Зверніть увагу! Обсяг і вид позапланового інструктажу визначається в кожному окремому випадку залежно від причин і обставин, що спричинили потребу його проведення.

Ø **Цільовий інструктаж** проводиться з працівниками:

- при ліквідації аварій, стихійного лиха;
- при проведенні робіт, на які оформляється наряд-допуск, розпорядження або інші документи.

Примітка.

***Наряд** – це письмове завдання на роботу, яке оформлене на бланку відповідної форми і визначає місце, час початку і закінчення роботи, умови її безпечного проведення, склад бригади та осіб, що відповідають за безпеку робіт тощо.*

***Розпорядження** – це завдання, яке містить ті ж пункти, що і наряд, але має разовий характер. Воно може бути усним або письмовим, довільної форми, обов'язково зареєстрованим в оперативному журналі.*

Первинний, позаплановий, повторний і цільовий інструктажі проводить

безпосередній керівник робіт і завершуються вони перевіркою знань.

При незадовільних результатах перевірки знань, умінь і навичок щодо безпечного виконання робіт після первинного, повторного чи позапланового інструктажів для працівника протягом *10-ти днів* додатково проводиться інструктаж і повторна перевірка знань.

При незадовільних результатах перевірки знань після *цільового інструктажу* допуск до виконання робіт не надається. Повторна перевірка знань не дозволяється.

Про проведення інструктажу та про допуск до роботи особою, яка проводила інструктаж, вноситься запис до журналу реєстрації інструктажів з питань охорони праці.

ТЕМА 2. РОЗСЛІДУВАННЯ НЕЩАСНИХ ВИПАДКІВ І МЕТОДИ АНАЛІЗУ ТРАВМАТИЗМУ

План лекції

- 2.1. Загальні положення.
- 2.2. Порядок розслідування нещасних випадків на підприємстві.
- 2.3. Спеціальне розслідування нещасних випадків.
- 2.4. Основні причини нещасних випадків на виробництві.
- 2.5. Методи аналізу травматизму та профзахворюваності.

Травма (лат. *trauma* – пошкодження, поранення) – порушення анатомічної цілісності організму людини або його функцій унаслідок дії чинників зовнішнього середовища (ДСТУ 2293:2014 «Охорона праці. Терміни та визначення основних понять»).

Виробнича травма – травма, що сталася внаслідок дії виробничих чинників.

Виробничий травматизм – явище, що характеризується сукупністю виробничих травм і нещасних випадків на виробництві.

Нещасний випадок – непередбачений збіг обставин і умов, за яких заподіяна шкода здоров'ю або настала смерть людини.

NON MULTA, SED MULTUM

Згідно з офіційними даними, нещасні випадки та професійні захворювання в Україні трапляються у 5...8 разів частіше, ніж в інших промислово розвинених країнах. На виробництві гине щороку близько 2 тис. осіб (для порівняння: в Німеччині – 200 осіб). Поза виробництвом гине щороку понад 70 тис. осіб, тобто в 30 разів більше, ніж на виробництві (в Німеччині – близько 30 тис. осіб). (БЖД №7, 2003 стр.6).

Нещасний випадок на виробництві – раптове погіршення стану здоров'я чи настання смерті працівника під час виконання ним трудових обов'язків унаслідок короткочасного (тривалістю не довше однієї робочої зміни) впливу небезпечного або шкідливого чинника.

Акт про нещасний випадок на виробництві – офіційний документ, котрий складає комісія з розслідування нещасного випадку, внаслідок якого працівник згідно з медичним висновком втратив працездатність щонайменше на один день або виникла необхідність перевести його на іншу (легшу) роботу терміном щонайменше на один день, або в разі його смерті.

NON MULTA, SED MULTUM

Форма Н-1 (акт розслідування нещасного випадку за формою Н-1) – документ, який складається комісією за результатами розслідування нещасного випадку, пов'язаного з виробництвом.

Форма Н-2 – повідомлення про наслідки нещасного випадку складається роботодавцем за результатами нещасного випадку.

Форма Н-5 (акт розслідування за формою Н-5) – документ, який складається комісією за результатами розслідування нещасного випадку, що стався з працівником, або аварії, призначеною для цього розслідування.

Форма НПВ (акт розслідування нещасного випадку за формою НПВ) – документ, який складається комісією за результатами розслідування нещасного випадку на підприємстві,

котрий визнано таким, що не пов'язаний з виробництвом.

Форма П-3 – повідомлення, яке складається на кожного хворого клініками науково-дослідних інститутів (відділеннями професійних захворювань лікувально-профілактичних закладів) і надсилається роботодавцю за місцем роботи хворого.

Форма П-4 (акт розслідування причин професійного захворювання) – документ, що складається комісією, призначеною для розслідування причин професійного захворювання.

Форма П-5 (карта обліку професійного захворювання (отруєння) – документ, який складається установою державної СЕС на підставі акта розслідування професійного захворювання.

Професійна хвороба, професійне захворювання – патологічний стан людини, обумовлений надмірним напруженням організму або дією шкідливого виробничого чинника під час трудової діяльності.

Виробничо зумовлене захворювання – захворювання, перебіг якого погіршується умовами праці, а частота його перевищує частоту тих працівників, які не піддаються впливу таких професійних шкідливих факторів.

2.1. Загальні положення

Розслідування травматизму проводиться згідно з «Положенням про порядок розслідування та ведення обліку нещасних випадків, професійних захворювань і аварій на виробництві» (затв. постановою Кабінету Міністрів України від 17 квітня 2019 р. № 337). Дія Положення поширюється на всі підприємства незалежно від форми власності. Не поширюється на Міноборони, МВС, СБУ.

Розслідуванню підлягають травми, гострі профзахворювання й отруєння, теплові удари, опіки, обмороження і т. д., що призводять до втрати працівником працездатності на один робочий день чи більше або до необхідності переведення потерпілого на іншу (легшу) роботу терміном не менше ніж на один робочий день, а також випадки смерті на підприємстві.

Зверніть увагу! 1) **Працездатність** – здатність людини виконувати певну роботу, яка визначається рівнем її фізичних і психофізіологічних можливостей, а також станом здоров'я і професійною підготовленістю.

2) **Непрацездатність** – повна чи часткова втрата загальної або професійної працездатності внаслідок захворювання, нещасного випадку або вродженої фізичної вади.

На облік, зі складанням акта за формою Н-1, беруться нещасні випадки, які сталися:

- під час виконання трудових обов'язків (відрядження, а також дій в інтересах підприємства без доручення власника);
- на робочому місці (території підприємства) або в іншому місці роботи протягом робочого часу, включаючи встановлені перерви;
- протягом часу, встановленого для підготовки до роботи і її закінчення;
- під час проїзду на роботу або з роботи на транспорті, що належить або орендується підприємством, а також на власному, який використовується в інтересах підприємства;

- під час аварій, пожеж, їх ліквідації на виробничих об'єктах;
- за межами підприємства, але при виконанні завдань керівництва;
- під час надання підприємством шефської допомоги.

Не беруться на облік і не складається акт за формою Н-1 нещасні випадки, що сталися з особами:

- які прямували на роботу або з роботи пішки, на громадському або власному транспорті;
- за місцем постійного проживання, в польових або вахтових селищах та ін.

При нещасному випадку, який стався в результаті алкогольного чи наркотичного отруєння; під час скоєння злочинів; під час використання транспортних засобів підприємства у власних цілях – складається акт за формою НПВ – невиробничий травматизм.

2.2. Порядок розслідування нещасних випадків на підприємстві

На виробництві постраждалий або очевидець НВ негайно повідомляє уповноважену особу чи іншого безпосереднього керівника робіт (*на будівельному майданчику – майстер*), який зобов'язаний організувати надання першої медичної допомоги постраждалому, викликати медичну службу, повідомити вище керівництво та забезпечити збереження місця НВ, якщо можливо, в незмінному вигляді.

Керівник підрозділу, де виник нещасний випадок, оповіщає про нього керівника організації та профспілковий комітет, які створюють комісію з розслідування НВ. Призначається комісія у складі:

1. Керівника (спеціаліста) служби охорони праці (голова).
2. Керівника підрозділу, де стався нещасний випадок.
3. Представника профспілки (уповноваженого трудового колективу).

Керівник робіт, який безпосередньо відповідає за ОП на місці, де стався НВ, до складу комісії *не включається*.

Комісія протягом **трьох діб** проводить усю роботу по розслідуванню НВ, при цьому необхідно:

- Ø обстежити місце НВ, опитати свідків і особи, які причетні до НВ, та одержати пояснення потерпілого, якщо це можливо;
- Ø визначити відповідність умов і безпеки праці вимогам нормативно-правових актів про ОП;
- Ø з'ясувати обставини і причини, що призвели до НВ, визначити, чи не пов'язаний цей випадок з виробництвом;
- Ø визначити осіб, які допустили порушення нормативно-правових актів із ОП, а також розробити заходи щодо запобігання подібних НВ;
- Ø скласти акт розслідування НВ за формою Н-5 у двох примірниках, а також акт за формою Н-1 у шести примірниках і передати його на затвердження роботодавцю.

НВ, оформлений за формою Н-1 (НПВ), береться на облік і реєструється на підприємстві у спеціальному журналі.

Власник (роботодавець) повинен розглянути і затвердити **протягом доби** після закінчення розслідування або надходження документів акти за формою Н-1 або НТ.

Акти надсилають:

- 1) потерпілому або особі, яка представляє інтереси потерпілого (Н-5);
- 2) керівникові підрозділу, де стався НВ (для вжиття заходів);
- 3) держінспекції з нагляду за охороною праці;
- 4) профспілковій організації, членом якої є потерпілий;
- 5) керівникові (спеціалістові) служби охорони праці підприємства (Н-5);
- 6) відповідному робочому органу виконавчої дирекції Фонду разом з копією акта за формою Н-5.

Комісія разом з власником відвідує потерпілих або членів їх сімей, вирішує або вносить пропозицію щодо вирішення соціальних питань, роз'яснює права потерпілим.

Після закінчення періоду тимчасової непрацездатності або у разі смерті потерпілого роботодавець складає повідомлення про наслідки НВ за формою Н-2 і в десятиденний термін надсилає його організаціям і посадовим особам, яким надсилалися акти за формою Н-1 (НПВ).

Акти, оформлені за формою Н-1 (НПВ), разом з іншими матеріалами розслідування *зберігаються на підприємстві 45 років*. У разі ліквідації підприємства акти підлягають передачі правонаступникові або до державного архіву.

2.3. Спеціальне розслідування нещасних випадків

Спеціальному розслідуванню підлягають:

- 1) групі (2 і більше потерпілих) НВ;
- 2) НВ із смертельним наслідком;
- 3) випадки смерті на підприємстві;
- 4) випадки зникнення працівників під час виконання ними трудових обов'язків;
- 5) НВ, які можуть мати важкі наслідки.

Про виникнення зазначених НВ передається повідомлення у наступні організації:

- 1) територіальний орган Держпраці;
- 2) профспілку підприємства;
- 3) вищий профспілковий орган;
- 4) прокуратуру, за місцем виникнення НВ;
- 5) органу, до сфери управління якого належить підприємство (у разі його відсутності – відповідну інспекцію місцевого органу виконавчої влади);
- 6) відповідному робочому органу виконавчої дирекції Фонду;
- 7) відповідній установі санітарно-епідеміологічної служби у разі виявлення гострих професійних захворювань (отруєнь).

Комісія зі спеціального розслідування НВ призначається наказом

керівника управління Держпраці або його територіального органу (2...4 загиблих). У цю комісію входять:

- 1) працівник місцевого органу держнагляду (голова) за ОП;
- 2) власник (роботодавець) підприємства;
- 3) представник вищестоящего органу управління;
- 4) представник профспілки підприємства або уповноважена особа;
- 5) представник Фонду соціального страхування.

За необхідності до складу комісії можуть бути включені представники інших органів.

Розслідування проводиться протягом *не більше 10-ти днів*, у разі необхідності цей термін може бути продовжений органом, який призначав розслідування. За результатами розслідування складається акт спеціального розслідування за формою Н-5, а також оформляються інші матеріали, передбачені Положенням.

Акт спеціального розслідування підписується головою і всіма членами комісії. Акт за формою Н-1 (НПВ) на кожного потерпілого складається відповідно до акта спеціального розслідування у двох примірниках, підписується членами комісії і затверджується роботодавцем протягом доби після одержання цих документів.

До акта додається пояснення очевидців, потерпілого, паспорти, схеми, фотографії робочого місця із зазначенням шкідливих і небезпечних виробничих факторів, медичний висновок про наявність алкоголю в крові потерпілого.

Роботодавець у п'ятиденний термін з моменту підписання акта зобов'язаний розглянути ці матеріали і видати наказ про здійснення запропонованих заходів щодо запобігання виникненню подібних випадків, а також притягнути до відповідальності працівників, які допустили порушення законодавства про охорону праці.

Після закінчення розслідування НВ роботодавець у п'ятиденний термін надсилає копії матеріалів, зазначені у положенні, органам прокуратури, іншим органам, представники яких брали участь у розслідуванні. Перший примірник матеріалів розслідування зберігається на підприємстві протягом *45-ти років*.

Звітність та інформація про нещасні випадки. Власник підприємства на підставі актів за формою Н-1 складає державну статистичну звітність про потерпілих за формою Держкомстату і подає її в установленому порядку.

2.4. Основні причини нещасних випадків на виробництві

Причини виробничого травматизму і професійної захворюваності поділяються на наступні основні групи:

- 1) організаційні причини;
- 2) технічні причини;
- 3) санітарно-гігієнічні;
- 4) економічні;
- 5) психофізичні.

Організаційні причини, тобто причини, що цілком залежать від рівня організації праці на підприємстві: відсутність або неякісне проведення навчання з питань охорони праці; відсутність контролю; порушення вимог інструкцій, правил, норм, стандартів; невиконання заходів щодо охорони праці; порушення технологічних регламентів, правил експлуатації устаткування, транспортних засобів, інструменту; порушення норм і правил планово-попереджувального ремонту устаткування; недостатній технічний нагляд за небезпечними роботами; використання устаткування, механізмів та інструменту не за призначенням; недоліки в утриманні території підприємства, проїздів, доріг; недоліки в організації робочих місць; недоліки в організації групових робіт; порушення правил і норм транспортування, складування і зберігання матеріалів, конструкцій та виробів; відсутність, несправність або невикористання засобів індивідуального захисту і т.п.

Технічні причини (конструктивні, інженерні), тобто причини, що не залежать від рівня організації праці на підприємстві: несправність виробничого устаткування, механізмів, інструменту; недосконалість технологічних процесів; конструктивні недоліки устаткування; недостатня механізація важких робіт; недосконалість або відсутність захисного огороження, запобіжних пристроїв, засобів сигналізації та блокування; міцнісні дефекти матеріалів; невідомі раніше небезпечні властивості середовищ, які обробляються, і т.д.

Санітарно-гігієнічні причини: підвищений (вище ГДК) уміст у повітрі робочих зон шкідливих речовин; недостатнє чи нераціональне освітлення; підвищені рівні шуму, вібрації; незадовільні мікрокліматичні умови; наявність різноманітних випромінювань вище допустимих значень; порушення правил особистої гігієни.

Економічні причини: нерегулярна виплата зарплати; низький заробіток; неритмічність роботи; прагнення до виконання понаднормової роботи; робота за сумісництвом чи на двох різних підприємствах.

Психофізіологічні причини: помилкові дії внаслідок втоми працівника через надмірну важкість і напруженість роботи, що є наслідком як фізичних перевантажень, так і перевантажень мозку та аналізаторів (зорового, слухового, тактильного); стресові ситуації; монотонність праці; хворобливий стан працівника; необережність; невідповідність психофізіологічних чи антропологічних даних працівника використовуваній техніці чи виконуваній роботі; незадоволення роботою; несприятливий психологічний мікроклімат у колективі.

2.5. Методи аналізу травматизму та профзахворюваності

Аналіз виробничого травматизму та профзахворюваності дозволяє виявити причини і визначити закономірності їх виникнення. На основі такої інформації розробляються заходи й засоби щодо профілактики виробничого травматизму і профзахворюваності. Єдиної класифікації методів аналізу травматизму не існує. Ачин В.О. запропонував поділити методи аналізу травматизму на дві групи: імовірно-статистичні та детерміністичні.

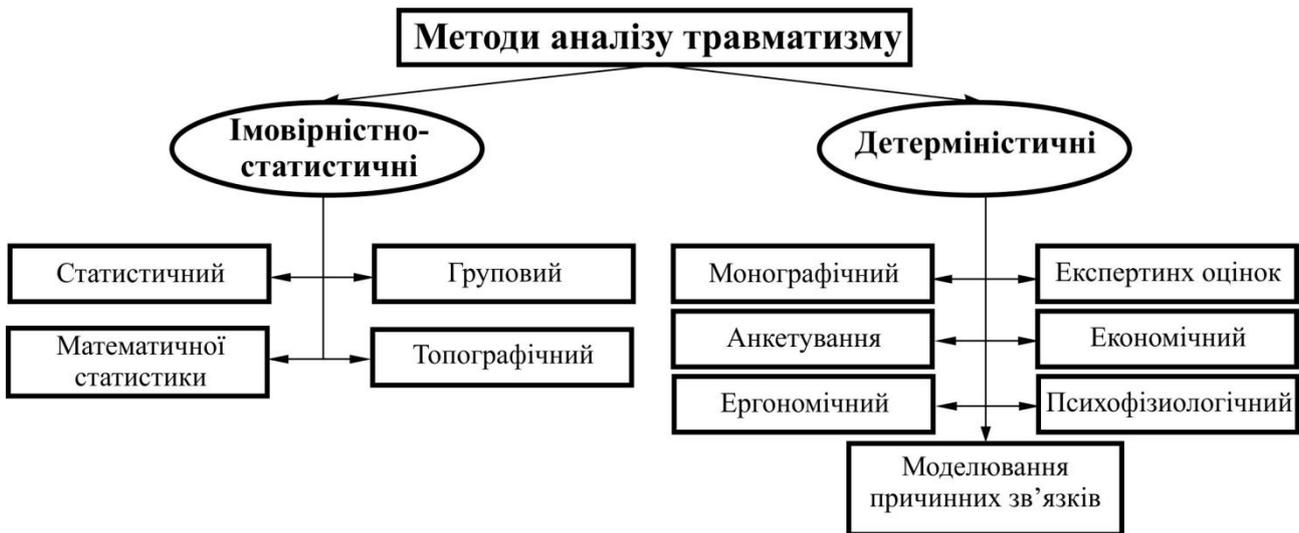


Рис. 2.1. Класифікація методів аналізу травматизму

Імовірнісно-статистичні методи дозволяють виявити залежність між чинниками системи праці та травматизмом на основі вивчення нещасних випадків, що сталися.

Статистичний метод базується на аналізі статистичного матеріалу із травматизму, який накопичений на підприємстві або в галузі за кілька років. Відповідні дані для цього аналізу містяться в актах за формою Н-1 та інших документах. Цей метод дозволяє визначити динаміку травматизму та його тяжкість на окремих ділянках виробництва, у цехах, підприємстві в цілому, провести порівняльний аналіз з іншими підприємствами галузі, виявити закономірності його зростання чи зниження. Для оцінювання рівня травматизму використовують відносні статистичні коефіцієнти (показники):

1. *Коефіцієнт частоти травматизму (кількісний показник)*, тобто відношення загальної кількості НВ за відповідний період N_0 до середньоспискової кількості працюючих p , віднесеної до 1000 чоловік:

$$k_{\text{ч}} = (N_0/p) \cdot 1000.$$

2. *Коефіцієнт тяжкості травматизму (якісний показник)*, тобто відношення загальної кількості днів непрацездатності D до кількості нещасних випадків N_0 в період, який аналізується:

$$k_{\text{т}} = D/N_0,$$

де D – загальна кількість днів непрацездатності у потерпілих для випадків із втратою працездатності на 1 і більше днів.

Інтегроване оцінювання рівня виробничого травматизму проводять за коефіцієнтом виробничих втрат, узагальнювальний показник показує кількість людино-днів непрацездатності на 1000 працюючих:

$$k_{\text{вв}} = k_{\text{ч}} \cdot k_{\text{т}}.$$

Але жоден з вищенаведених показників не враховує стійкої втрати працездатності та гибелі людей і тому не може повністю характеризувати рівень травматизму. Для цього необхідне використання принаймні ще одного показника. Таким показником є коефіцієнт нещасних випадків із смертельним наслідком та каліцтвом:

$$k_{ск} = \frac{N_{ск}}{N_0} 100\%,$$

де $N_{ск}$ – кількість нещасних випадків, що призвели до смерті і каліцтва.

Міжнародна організація праці використовує коефіцієнт частоти, який показує кількість нещасних випадків, що припадає на 1000000 відпрацьованих людино-годин:

$$k_{ч}^{МОП} = 1000000 N_0/T,$$

де T – загальний час роботи, людино-годин.

Вищенаведені та інші показники, наприклад коефіцієнт електротравматизму, дозволяють вивчати динаміку травматизму на підприємстві, в галузі, регіоні тощо, порівнювати ці показники, робити певні висновки, застосовувати організаційні заходи, спрямовані на профілактику травматизму.

Методи математичної статистики використовуються для дослідження взаємозв'язку між основними показниками і причинами травматизму. За допомогою багатофакторного дисперсійного аналізу виявляють характер дії рівня механізації, оснащення обладнанням, якості навчання і деяких інших виробничих факторів на рівень травматизму. Використовують різні методики для розв'язання двох основних задач: аналізу травматизму за деякою групою ознак і аналізу його причин. Далі на базі математичної статистики встановлюють залежності між показниками і причинами травматизму, на основі чого можливе його прогнозування.

НВ на виробництві трапляються в результаті складної взаємодії об'єктивних небезпечних виробничих факторів, причин і обставин. Час їх виникнення не можна передчасно встановити. Отже, *інтервали часу* між НВ можна розглядати як *випадкові величини*, що дозволяє використовувати для встановлення взаємозв'язку та кількісних оцінок теорію вірогідності.

Методи теорії ймовірності і статистичного моделювання дозволяють визначити комплекс показників, таких як *інтенсивність НВ у системі, вірогідність безпечної роботи системи, вірогідність НВ у процесі функціонування, середній інтервал часу безпечної роботи*. Ці показники дають можливість провести аналіз небезпек досліджуваної системи та її елементів на основі системного підходу. Крім того, вони дозволяють одержати загальний показник безпеки по групах небезпечних виробничих факторів.

Якщо в період спостережень (декілька місяців або років) за роботою ряду бригад чи дільниць виявлено, що випадки травматизму трапляються приблизно через рівні проміжки часу, то ймовірність безпечної роботи у заданий проміжок часу може бути розрахована за формулою

$$P = \frac{\alpha}{\beta} - \frac{T_0}{NT} \frac{\alpha^n}{\beta^n},$$

де P – ймовірність безпечної роботи; T_0 – заданий проміжок часу, за який визначається P ; N – кількість бригад, дільниць; n – число зафіксованих випадків травматизму в N бригадах за час T .

Безпечність роботи в період T_0 забезпечена, якщо $P \geq 0,95$.

Приклад.

За три роки в чотирьох бригадах мулярів зафіксовано 12 випадків травматизму. Яка ймовірність виникнення в цих бригадах протягом першого півріччя наступного року нещасних випадків на виробництві.

Приводимо T_0 і T до вибраного показника (наприклад до кварталу). Тоді $T_0=2$; $T=12$; $n=12$; $N=4$.

$$P = \frac{e^{-T_0} T_0^T}{T!} = \frac{e^{-2} 2^{12}}{12!} = 0,958^{12} = 0,597.$$

Висновок: оскільки $P=0,597 < 0,95$, то можливість виникнення нещасних випадків не виключена.

Груповий метод заключається у статистичній обробці матеріалів по травматизму, групуванні даних за однорідними ознаками: за професіями, характером роботи, стажем та віком працівників, характером одержаних травм, джерелами травмування, днями тижня та годинами зміни, коли сталося травмування, і т. п. Обробка та аналіз одержаних результатів дозволяє визначити професії, види робіт, устаткування, механізми, технологічні процеси тощо, на які припадає найбільше число випадків травматизму, виявити основні його причини та розробити заходи щодо його запобігання.

Недоліком такого методу є те, що в процесі аналізу не розглядаються конкретні причини травматизму та шкідливі виробничі фактори.

Застосовуючи груповий метод, ми можемо дослідити окремі структурні складові травматизму. Однак тенденції розвитку травматизму можуть бути показані лише при використанні методів математичної статистики.

Топографічний метод полягає у розподіленні НВ за місцем їх виникнення. *На плані цеху підприємства відмічають місця, де сталися нещасні випадки.* Це дозволяє наочно бачити місця з підвищеною небезпекою, які вимагають ретельного обстеження та проведення профілактичних заходів. На ці місця звертають особливу увагу, вивчають причини травматизму. Шляхом додаткового обстеження виявляють причини, що викликали нещасні випадки, розробляють і впроваджують запобіжні заходи. Повторення аналогічних травм свідчить про незадовільну організацію інструктажу, невикористання конкретних засобів індивідуального захисту тощо.

Детерміністичні методи дозволяють виявити об'єктивний, закономірний зв'язок умов праці та причинну обумовленість випадків травматизму.

NON MULTA, SED MULTUM

Детермінізм (лат. *determinatus* – «визначений», «обмежений») – філософське матеріалістичне вчення про загальну об'єктивну зумовленість явищ природи, суспільства та людської психіки, зокрема волі, внаслідок причинності, тобто такого зв'язку явищ, за якого одне явище (причина) за певних умов породжує інше (дію).

Монографічний метод полягає в аналізі небезпечних та шкідливих виробничих чинників, притаманних лише тій чи іншій (моно) ділянці виробництва. За цим методом поглиблено розглядають усі обставини НВ, якщо необхідно, то виконують відповідні дослідження та випробування. При монографічному методі застосовується комплексний підхід, при якому кожний

випадок травматизму розглядається як система, елементами якої є взаємопов'язані умови, обставини та причини явища, що аналізується.

Цей метод дозволяє аналізувати не лише нещасні випадки, що відбулися, але й виявити потенційно небезпечні фактори, а результати використати для розробки заходів охорони праці, вдосконалення виробництва.

Метод моделювання причинних зв'язків застосовується при аналізі випадків травматизму, які були спричинені дією кількох чинників. Модель причинних зв'язків будується від моменту травмування до подій, які йому передували, встановлюється логічний зв'язок між явищами. Такі причинні зв'язки можуть мати різну форму:

- 1) *послідовну* – коли одна причина викликає наступну, і так далі, поки кінцева не призведе до НВ;
- 2) *паралельну* – коли декілька послідовних зв'язків викликають одну загальну причину, яка призводить до травмування;
- 3) *колову* – коли одна причина викликає наступну, кінцева збільшує першу, і так по колу, поки будь-яка з цих причин не призведе до травмування;
- 4) *розгалужену* – коли один чинник є джерелом кількох причин, які, розвиваючись паралельно, викликають одну загальну причину, що призводить до травмування.

Економічний метод полягає у вивченні та аналізі втрат, що спричинені виробничим травматизмом. Цей метод не дозволяє виявити причини травматизму, тому лише доповнює інші методи.

Розроблені методи розрахунку економічних наслідків тимчасової непрацездатності є досить громіздкими та складними, тому розглянемо спрощену методику визначення збитків, пов'язаних із виробничим травматизмом і загальними захворюваннями працівників, запропоновану М. Гандзюком та М. Купчиком.

Суть цієї методики зводиться до визначення матеріальних збитків шляхом розрахунків певних показників за кожним видом причин, які викликають ті чи інші збитки, та визначення узагальненого показника, котрий указує їх питому вагу в загальному обсязі виробництва.

Визначення розміру матеріальних збитків, що їх завдає виробничий травматизм (захворювання) підприємству, здійснюється за формулою

$$M_{zm} = D_m(A + B_m), \quad M_{z3} = D_{z3}(A + B_3),$$

де M_{zm} , M_{z3} – збитки, зумовлені тим, що працівники, які отримали травми (захворіли), не брали участі у створенні матеріальних цінностей, грн; D_m – загальна кількість днів непрацездатності за розрахунковий період часу, що викликані травматизмом або профзахворюваннями; A – середньоденна втрата прибутку від невиробленої продукції в розрахунку на один день, грн; B_m – середній розмір виплат за листком непрацездатності за один день всім потерпілим від травм, грн.

Визначення показника річних втрат, зумовлених річним травматизмом (профзахворюваннями), здійснюється за формулами

$$K_{6m} = 100(M_{zm}/P), \quad K_{z3} = 100(M_{z3}/P),$$

де K_{em} , $K_{зз}$ – показники втрат річного обсягу виробництва продукції від виробничого травматизму (захворювань), %;

P – обсяг виробленої продукції за рік, *грн.*

Узагальнений показник, який характеризує сумарні витрати підприємства від травматизму та загальних захворювань працівників, %,

$$K_{yz} = K_{em} + K_{зз}.$$

Така методика дозволяє оцінити витрати підприємства, однак вона не дає можливості провести порівняльний аналіз, бо не враховує збитків від пошкодження обладнання та інвентарю, які часто трапляються під час аварій; збитків, пов'язаних з розслідуванням нещасних випадків, та інших матеріальних і нематеріальних втрат.

Метод анкетування передбачає письмове опитування працюючих з метою отримання інформації про потенційні небезпеки трудових процесів, про умови праці. Для цього розробляються анкети для робітників. На підставі анкетних даних (відповідей на запитання) розробляють профілактичні заходи щодо попередження нещасних випадків. Цим методом установлюють в основному причини психофізіологічного характеру.

Метод експертних оцінок базується на експертних висновках (оцінках) умов праці, на виявленні відповідності технологічного устаткування, пристосувань, інструментів, технологічних процесів до вимог стандартів. Для винесення експертних оцінок назначаються експерти із числа фахівців, які тривалий час займалися питаннями охорони праці.

Ергономічний метод ґрунтується на комплексному вивченні системи «людина – машина – виробниче середовище». Відомо, що кожному виду трудової діяльності відповідають певні фізіологічні, психофізіологічні і психологічні якості людини, а також антропометричні дані. Тому при комплексній відповідності вказаних властивостей людини і конкретної трудової діяльності можлива ефективна і безпечна робота. Ергономічні методи дозволяють знайти невідповідності та усунути їх.

Психофізіологічні методи аналізу травматизму враховують, що здоров'я і працездатність людини залежать від біологічних ритмів функціонування організму.

ТЕМА 3. МІКРОКЛІМАТИЧНІ УМОВИ ВИРОБНИЧОГО СЕРЕДОВИЩА

План лекції

- 3.1. Класифікація виробничих шкідливостей та професійних захворювань.
- 3.2. Мікроклімат та його параметри.
- 3.3. Мікрокліматичні умови та їх вплив на працівника.
- 3.4. Контроль параметрів мікроклімату на робочих місцях.
- 3.5. Оптимізація параметрів мікроклімату приміщень.
- 3.6. Профілактика несприятливого впливу мікроклімату виробничого середовища.
- 3.7. Профілактика отруєнь на виробництві.

3.1. Класифікація виробничих шкідливостей та професійних захворювань

Шкідливі та небезпечні виробничі фактори за характером впливу на організм людини розподіляються на наступні групи.

Зверніть увагу! Небезпечний виробничий фактор – такий фактор, дія якого на працюючого у певних умовах призводить до раптового погіршення здоров'я, раптової втрати працездатності або травми.

Шкідливий виробничий фактор – такий фактор, дія якого на працюючого більше певної межі може призвести до погіршення здоров'я або професійного захворювання.

І група – фізичні фактори:

- 1) підвищена або знижена *температура, відносна вологість, швидкість руху повітря* (тепловий або сонячний удар, бронхіти, обмороження та ін.);
- 2) підвищене або понижене значення *температури поверхонь* обладнання і матеріалів;
- 3) підвищений чи знижений *барометричний тиск* (кесонна хвороба, гірська хвороба) або його різка зміна;
- 4) підвищена *загазованість або запиленість повітря* (двоокис кремнію, хромові аерозолі, вугільний, електрозварювальний пил – силікоз, пневмоконіоз; окисли вуглецю, марганцю, двоокис азоту – гострі і хронічні отруєння, враження слизових оболонок);
- 5) підвищений рівень *шуму* на робочому місці (зниження слуху, шумова хвороба);
- 6) підвищений рівень *ультразвуку та інфразвукових коливань*;
- 7) підвищений рівень *вібрації* (неврози, вібраційна хвороба і т.ін.);
- 8) підвищений рівень *іонізуючого випромінювання* (гострі і хронічні захворювання шкіри, дерматити, екземи, виразки, променева хвороба);
- 9) підвищений рівень *електромагнітного випромінювання* (катаракта, кон'юнктивіт);
- 10) підвищене значення *напруги в електричному ланцюзі*, замикання якого може призвести до проходження електричного струму через тіло людини;

- 11) підвищений рівень *статичної електрики*;
- 12) підвищений напруженість *електричного і магнітного поля*;
- 13) підвищене або понижене значення *іонізації повітря*;
- 14) недостатнє або надмірне *освітлення* (послаблення зору);
- 15) підвищена *яrkість світла, контрастність, пульсація світлового потоку*;
- 16) *пряма або відбита блискість*;
- 17) підвищений рівень *ультрафіолетової та інфрачервоної радіації*;
- 18) рухомі машини і механізми, частини виробничого обладнання; вироби, заготовки, матеріали, що переміщуються; конструкції, які руйнуються гірські породи, які обвалилися;
- 19) гострі кромки, задирки і шорсткість на поверхні заготовок, інструментів та обладнання;
- 20) розміщення робочого місця на значній висоті відносно поверхні землі (підлоги);
- 21) невагомість.

II група – хімічні фактори:

а) за характером дії на організм людини:

- Û загальнотоксичні, що викликають отруєння всього організму (ртуть, СО);
- Û подразнюючі, що викликають подразнення дихальних шляхів та слизових оболонок (хлор, аміак, озон, сірководень);
- Û сенсibiliзуючі, що підвищують реактивну чутливість шкіри і викликають алергію (альдегіди, лаки, розчинники, нітроз'єднання);
- Û канцерогенні (*лат. cancer – рак*), що спричиняють виникнення злоякісних пухлин (азбест, оксид хрому, з'єднання берилію);
- Û мутагенні, що викликають зміни спадкової інформації (свинець, радіоактивні речовини, формальдегід);
- Û такі, що впливають на репродуктивну функцію (бензол, свинець марганець, нікотин);

б) за шляхом проникнення:

- Р через органи дихання;
- Р через шлуноково-кишковий тракт;
- Р через слизові оболонки;
- Р через шкіряний покрив.

III група – психофізіологічні фактори:

1. Фізичні перенавантаження (варикозне розширення вен, тромбофлебіти, невралгія, хронічні артрити, грижі):
 - Р динамічні;
 - Р статичні.
2. Нервово-психічні (розумові) перенавантаження (неврози, психози):
 - Р монотонність праці;
 - Р розумові перенапруження;
 - Р емоційні навантаження;
 - Р перенапруженість аналізаторів.

IV група – біологічні фактори:

1. Патогенні мікроорганізми та продукти їх життєдіяльності (віруси, бактерії, спори).

2. Макроорганізми (рослини, тварини).

Зверніть увагу! Один і той же небезпечний і шкідливий виробничий фактор за природою своєї дії може відноситися одночасно до різних груп.

Крім наведеної класифікації, існують й інші класифікації шкідливих речовин:

∅ за переважаючою дією на певні органи чи системи людини (серцево-судинна, кишково-шлункова);

∅ за основною шкідливою дією (задушливі, наркотичні, подразнювальні);

∅ за тривалістю дії (летальні, короточасні, тривалі).

3.2. Мікроклімат та його параметри

Мікроклімат приміщень (від грецьк. *mikros* – малий) – умови внутрішнього середовища цих приміщень, що впливають на тепловий обмін працюючих з оточенням шляхом конвекції, кондукції, теплового випромінювання та випаровування вологи.

Зверніть увагу! Ці умови визначаються поєднанням факторів повітряного середовища, температури оточуючих людину поверхонь та інтенсивністю теплового (інфрачервоного) випромінювання.

NON MULTA, SED MULTUM

Передача тепла відбувається кожного разу, коли існує температурний градієнт усередині системи або коли дві системи, що мають різні значення температур, розташовані таким чином, що між ними можливий обмін тепловою енергією. Згідно з другим законом термодинаміки передача теплової енергії завжди відбувається від системи з більш високою температурою до системи з менш високою.

Конвекція — явище перенесення тепла в рідинах, газах або сипких середовищах потоками самої речовини (вимушено або мимоволі – неважливо). Існує так звана природна конвекція, яка виникає в речовині мимоволі при її нерівномірному нагріванні в полі тяжіння. При такій конвекції нижні шари речовини нагріваються, легшають і спливають вгору, а верхні шари, навпаки, остигають, стають важчими і занурюються вниз, після чого процес повторюється знову і знову.

Кондукція – це процес розповсюдження тепла способом безпосереднього стикання мікрочастинок тіла. Передача тепла шляхом кондукції являє собою перенесення тепла всередині середовища з області більш високої температури в область більш низької температури або між двома дотичними середовищами, які мають різну температуру.

Конвективний тепловий потік зазвичай є домінуючим способом передачі тепла між поверхнею твердого тіла і рухомого (газ або рідина) середовища або між двома рухомими середовищами. Процес передачі тепла шляхом конвекції відбувається в кілька стадій. Якщо температура твердого тіла вище температури навколишнього середовища, тепло спочатку буде передаватися шляхом кондукції до тонкого шару рухомого середовища, який знаходиться в прямому контакті з твердим тілом.

До факторів повітряного середовища згідно з ГОСТ 12.1.005-88 «ССБТ. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны»

відносять:

- 1) відносну вологість повітря;
- 2) температуру повітря;
- 3) рухомість повітря;
- 4) інтенсивність теплового (інфрачервоного) випромінювання.

Мікроклімат (сполучення температури, вологості, швидкості руху повітря і променевого тепла у виробничому приміщенні) безпосередньо впливає на *працездатність людини* і її *теплове самопочуття*.

NON MULTA, SED MULTUM

Дослідниками встановлено, що зниження температури і підвищення швидкості повітря в робочій зоні сприяють *посилению конвективного теплообміну* і прискоренню процесу *тепловіддачі при випаровуванні поту*. Це може призвести до переохолодження організму працюючого.

При збільшенні температури повітря виникають зворотні явища. Доведено, що при температурі повітря понад $+30^{\circ}\text{C}$ працездатність людини починає падати. Вважається, що гранична температура повітря, що вдихається людиною, становить $+116^{\circ}\text{C}$. Здатність переносити високі температури повітря залежить від тривалості їхньої дії. Перегрівання організму при температурі повітря $+70^{\circ}\text{C}$ спостерігається через 40 хвилин, а при температурі повітря $+90^{\circ}\text{C}$ — уже через 20 хвилин. Суттєве значення при цьому має рівномірність зігрятості повітря: бажано, аби її вертикальний градієнт не виходив за межі 5°C .

Здатність людини переносити певну *температуру повітря*, як і відчуття нею теплоти, значною мірою залежать від вологості повітря і швидкості його руху. Чим більшою є відносна вологість повітря, тим менше випаровується поту за одиницю часу і тим швидше настає перегрівання тіла. Особливо несприятливий вплив на теплове самопочуття справляє висока вологість при температурах понад $+30^{\circ}\text{C}$, оскільки при цьому майже вся теплота, що виділяється, віддається у навколишнє середовище при випаровуванні поту. При подальшому підвищенні температури піт узагалі не випаровується, а стікає краплями з поверхні шкірного покриву. Виникає так зване проливне стікання поту, яке виснажує організм і не забезпечує необхідної тепловіддачі.

Зверніть увагу! При температурі повітря $+30^{\circ}\text{C}$ у людини, яка не виконує фізичної роботи, кількість вологи (в основному поту), котра виділяється щохвилини, дорівнює 2 г; при виконанні важкої роботи вологовиділення зростає до 9,5 г/хв.

Недостатня вологість повітря також може чинити несприятливу дію на людину через *інтенсивне випаровування* вологи зі слизових оболонок, їх пересихання і розтріскування з наступним їх забрудненням шкідливими мікроорганізмами. Тому при довготривалому перебуванні в закритих приміщеннях рекомендується підтримувати відносну вологість повітря в межах від 30% до 70%.

Вологість повітря характеризується такими гігromетричними показниками: абсолютна, максимальна, відносна, дефіцит вологості і точка роси.

- *Абсолютна вологість* – це кількість водяної пари (в грамах), що міститься в 1 м^3 повітря при певній температурі.
- *Максимальна вологість* – це кількість водяної пари (в грамах), яка повністю насичує 1 м^3 повітря при певній температурі.
- *Відносна вологість* – це відношення абсолютної вологості до максимальної, визначене у відсотках.
- *Дефіцит вологості* – це різниця між показниками максимальної і абсолютної вологості при певній температурі.

NON MULTA, SED MULTUM

У повітрі завжди знаходиться водяна пара, кількість якої залежить від атмосферного тиску, температури, пори року, географічної зони тощо. Але максимальний уміст її у повітрі певної температури – величина стала і залежить лише від температури. Причому із підвищенням температури максимальний уміст вологи у повітрі зростає. Так, при 0°C в 1 м³ може бути лише 5 г води, а при 40°C – близько 51 г.

У виробничих приміщеннях абсолютна вологість коливається в межах 5...10 г/м³, відносна – 40...70%. Абсолютна вологість підвищується в напрямку від підлоги до стелі, а відносна, навпаки, знижується від стелі до підлоги.

Життєдіяльність людини супроводжується безперервним виділенням теплоти у навколишнє середовище. Її кількість залежить від ступеня фізичної напруженості у певних мікрокліматичних умовах і становить від 85 Вт (у стані спокою) до 500 Вт (при важкій фізичній роботі).

ЗАПАМ'ЯТАЙТЕ! 1. Щоб фізіологічні процеси в організмі протікали нормально, теплота, яка виділяється організмом, має повністю відводитися у навколишнє середовище.

2. *Порушення теплового балансу* може призвести або до перегрівання, або до *переохолодження* організму і, як наслідок, — до втрати працездатності, втомлюваності, втрати свідомості і навіть до *теплової смерті*.

У зоні *комфарту* тепловий стан організму знаходиться в нормі, а середня температура внутрішніх органів людського тіла дорівнює близько 36,5 °C.

NON MULTA, SED MULTUM

Дослідниками встановлено, що температура тіла людини залежить від *мікрокліматичних умов середовища* та від *рівня енерговитрат* при виконанні людиною фізичної роботи. При виконанні роботи *середньої важкості* і *важкої* роботи при високій температурі повітря температура тіла працівника може підвищуватися на декілька десятих градуса і навіть на 1...2°C.

Найвища температура внутрішніх органів, що її здатна витримати людина, становить +43 °C, а мінімальна дорівнює +25 °C.

Тепловий стан людини значною мірою забезпечується теплорегулюючою функцією шкіри. Її температура змінюється у доволі широких межах і за нормальних умов середня температура шкіри під одягом становить 30...34°C. При несприятливих мікрокліматичних умовах на окремих ділянках шкіри вона може знижуватися до +20°C, а іноді й нижче. Для практичних розрахунків температуру поверхні тіла людини беруть рівною: взимку – +27,7°C, влітку – +31,5°C.

Нормальне теплове самопочуття досягається тоді, коли тепловиділення людини *повністю сприймається* навколишнім середовищем. За таких умов температура тіла (температура внутрішніх органів) залишається постійною. Якщо теплопродукція організму не може бути повністю передана навколишньому середовищу, відбувається зростання температури внутрішніх органів і таке теплове самопочуття характеризується поняттям «жарко». Якщо теплоізолювати людину, яка знаходиться в стані спокою (відпочиває сидячи або лежачи), від навколишнього середовища, то вже через 1 годину температура її внутрішніх органів збільшиться на 1,2°C. Теплоізоляція людини, яка виконує роботу середньої важкості, призведе через 1 годину до підвищення температури внутрішніх органів вже на 5°C і впритул наблизить її до гранично допустимої.

Якщо навколишнє середовище сприймає більше теплоти, ніж її виробляє людина, то відбувається охолодження організму. Таке теплове самопочуття характеризується поняттям «холодно».

Теплове самопочуття людини (тепловий баланс у системі людина – середовище перебування) залежить від температури середовища, рухливості і

відносної вологості повітря, атмосферного тиску, температури оточуючих поверхонь та інтенсивності фізичного навантаження працівника.

Зверніть увагу! 1. Температура, швидкість, відносна вологість та атмосферний тиск навколишнього повітря називаються параметрами мікроклімату.

2. Температуру оточуючих працівника поверхонь та інтенсивність фізичного навантаження на його організм називають характеристиками виробничої обстановки.

NON MULTA, SED MULTUM

1. Терморцептори людини збуджуються при підвищенні температури на $0,007^{\circ}\text{C}$, а при зниженні – на $0,012^{\circ}\text{C}$. (БЖД №7, 2003, с. 12)

2. Яку високу температуру може витримати людина? Вчені проводили дослідження і встановили: при поступовому нагріванні наш організм у сухому повітрі може витримувати не тільки температуру кипіння води (100°C), але іноді ще більш високу – до 160°C ! Це довели англійські фізики Благден і Чентрі, які заради досліду проводили цілі години у натопленій печі хлібопекарні.

3.3. Мікрокліматичні умови та їх вплив на працівника

Мікрокліматичні умови суттєво впливають на *продуктивність праці* людини.

Зверніть увагу! 1. Дослідним шляхом було встановлено, що збільшення температури повітря від 25°C до 30°C в одному з прядильних цехів камвольного комбінату призвело до *зниження продуктивності праці* на 7%.

2. Підвищення температури повітря від 26°C до $29,4^{\circ}\text{C}$ в одному з цехів машинобудівного підприємства призвело до *зниження продуктивності праці* на 13%, а при зростанні температури повітря до $33,6^{\circ}\text{C}$ *продуктивність праці* знизилася ще більше – на 35%.

Теплообмін між людиною і навколишнім середовищем здійснюється за рахунок *конвекції* (омивання тіла людини повітрям), *теплопровідності*, шляхом *випромінювання* на оточуючі поверхні і внаслідок *процесу тепломасообміну*, який відбувається при випаровуванні вологи, що виводиться на поверхню шкіри потовими залозами і через повітря, що видихається легенями.

Величина потовиділення мало залежить від нестачі води в організмі або від її надмірного вживання.

NON MULTA, SED MULTUM

Дослідним шляхом установлено, що у людини, яка працює без пиття протягом 3 годин, утворюється лише на 8% менше поту, ніж при повному відшкодуванні втраченої вологи. При вживанні води в кількості, яка вдвічі перевищує втрачену її кількість, спостерігається збільшення потовиділення лише на 6% порівняно з випадком, коли вода відшкодувалася на 100%.

Зниження маси тіла людини шляхом випаровування вологи називається *зневоднюванням* організму. За рахунок *зневоднювання* організму допускається втрата маси тіла на 2...3%. *Зневоднювання* організму на 6% тягне за собою *порушення розумової діяльності*, зниження гостроти зору, а *зневоднювання* організму на 15...20% може мати *смертельні наслідки*.

Разом з *потом* організм втрачає значну кількість мінеральних солей (до 1%).

NON MULTA, SED MULTUM

При несприятливих мікрокліматичних умовах втрата води може становити

8...10 мілілітрів за робочу зміну. Разом із цією водою з організму вимивається до 60 г повареної солі (усього в організмі міститься близько 140 г солі). Втрата солі позбавляє кров здатності утримувати воду і призводить до порушення діяльності серцево-судинної системи.

Для відновлення водного балансу організму працівників гарячих цехів встановлюють пункти підживлювання підсоленою (з умістом 0,5% NaCl) газованою питною водою з розрахунку 4...5 літрів на одного працівника протягом робочої зміни. На деяких заводах з цією метою застосовують білково-вітамінні напої. У жарких мікрокліматичних умовах працівникам рекомендується пити охолоджену питну воду або чай.

Довготривала дія високої температури (особливо у сполученні з підвищеною вологістю повітря) може призвести до значного накопичення теплоти в організмі працівника і розвитку *перегрівання організму* вище допустимого рівня – до *гіпертермії*.

NON MULTA, SED MULTUM

Гіпертермія – стан організму людини, при якому температура тіла підвищується до 38...39°C. При гіпертермії спостерігається головний біль, запаморочення, загальна слабкість, спотворення кольорового сприйняття, сухість у роті, нудота, рясне потовиділення. Пульс і дихання людини у стані гіпертермії є частішими, ніж у нормальному стані, в крові збільшується вміст азоту і молочної кислоти. Людина блідне, її зіниці розширюються, часом виникають судоми, втрата свідомості.

При мікрокліматичних умовах, які характеризуються *пониженою температурою*, великою рухливістю і вологістю повітря, може спостерігатися *охолодження* і навіть *переохолодження* організму – *гіпотермія*.

NON MULTA, SED MULTUM

При *гіпотермії* спочатку спостерігається зменшення частоти дихання і збільшення об'єму вдиху. При подальшій дії холоду дихання стає неритмічним, частота та об'єм вдиху збільшуються, змінюється вуглеводний обмін.

Приріст інтенсивності обмінних процесів при зниженні температури на 1°C становить близько 10%, але при значному охолодженні він може зрости втричі порівняно з рівнем *основного обміну*.

Зверніть увагу! *Основний обмін* – це кількість енергії, котра необхідна для підтримки життєдіяльності організму у стані повного спокою натщесерце (через 12...18 годин після останнього приймання їжі) і при температурі навколишнього середовища 16...18°C. Для дорослої людини середнього зросту і маси основний обмін становить 6,7...7,12 МДж/добу.

При гіпотермії в людини можливе виникнення *м'язового тремтіння*, при якому зовнішня робота не виконується, а вся енергія перетворюється в теплоту, — це протягом деякого часу може затримувати зниження температури внутрішніх органів.

Вологість повітря суттєво впливає на самопочуття людини. Вологе і холодне повітря поглинає велику кількість інфрачервоного випромінювання з організму людини, оскільки її тепловипромінювання зростає на порядок порівняно із сухим і теплим повітрям.

Рух повітря діє на організм людини в комплексі з температурою і вологістю. Він впливає переважно на теплообмін у результаті конвекції й теплопровідності. У холодних приміщеннях з високою вологістю підвищений рух повітря збільшує віддачу тепла, що призводить до переохолодження організму. При високих температурах рух повітря сприяє віддачі тепла єдиним шляхом – випаровуванням.

Зверніть увагу! Максимальний об'єм вентиляваного повітря в приміщенні має бути таким, щоб кратність його заміни була не більшою 5-ти разів за годину, а швидкість руху – 0,2...0,5 м/с. Людина відчуває рух повітря зі швидкістю 0,1 м/с.

Важливим параметром мікроклімату є вміст кисню в атмосферному повітрі виробничого середовища.

NON MULTA, SED MULTUM

Якщо без води та їжі людина може прожити декілька днів, то без кисню – лише декілька хвилин.

Основним органом дихання людини, за посередництвом котрого здійснюється газообмін з навколишнім середовищем (головним чином O_2 та CO_2), є трахіобронхіальне дерево і велика кількість легеневих пухирців (альвеол), стінки яких пронизані щільною сіткою капілярних судин. Загальна площа поверхні альвеол дорослої людини становить 90...150 м². Через стінки альвеол кисень надходить у кров, яка постачає його у тканини організму.

Наявність кисню в повітрі, що вдихається, – необхідна, але недостатня умова для забезпечення життєдіяльності організму. Інтенсивність дифузії кисню у кров визначається парціальним тиском кисню в альвеолярному повітрі ($p_{кис}$, мм рт.ст.). Експериментально встановлено, що $p_{кис} = (B - 47) \frac{V_{кис}}{100} - p_{вугл}$, де B – атмосферний тиск повітря, що вдихається людиною (у мм рт.ст.), 47 – парціальний тиск насиченої водяної пари в альвеолярному повітрі (у мм рт.ст.), $V_{кис}$ – об'єм кисню, що міститься в альвеолярному повітрі, (у %), $p_{вугл}$ – парціальний тиск вуглекислого газу в альвеолярному повітрі.

Найбільш успішно дифузія кисню у кров відбувається при парціальному тиску кисню в межах від 95 мм рт.ст. до 120 мм рт.ст. Якщо тиск $p_{кис}$ опиняється поза цього інтервалу значень, виникають ускладнення дихання, а навантаження на серцево-судинну систему зростають. Наприклад, на висоті 2...3 км над рівнем моря $p_{кис} \approx 70$ мм рт.ст., і насичення крові киснем знижується до такого ступеня, що компенсувати нестачу кисню можна лише за рахунок посилення діяльності серця і легень. Проте навіть довготривале перебування людини у цій кліматичній зоні не відбивається негативно на її здоров'ї. Ця зона називається зоною достатньої компенсації. Разом з тим, починаючи з висоти 4 км (де $p_{кис} \approx 70$ мм рт.ст.), дифузія кисню у кров знижується до такого ступеня, що, незважаючи на значний відносний вміст кисню ($V_{кис} \approx 21\%$), може настати *кисневе голодування* — гіпоксія. Основними ознаками гіпоксії є головний біль, запаморочення, сповільнена реакція, порушення нормальної роботи органів слуху і зору, порушення обміну речовин.

Досліди свідчать, що *задовільне самопочуття* людини при диханні повітрям зберігається до висоти близько 4 км, а чистим киснем ($V_{кис} \approx 100\%$) – до висоти близько 12 км. При тривалих польотах на літальних апаратах на висоті понад 4 км застосовують або кисневі маски, або скафандри, або герметизацію кабін. При порушенні герметизації тиск у кабіні різко знижується. Часто цей процес відбувається настільки швидко, що набуває характеру своєрідного вибуху і через це має назву *вибухової декомпресії*. Ефект впливу *вибухової декомпресії* на організм залежить від початкового значення і швидкості зниження тиску, від опору дихальних шляхів людини та від загального стану організму.

У загальному випадку чим меншою є швидкість зниження тиску, тим легше вона переноситься. Дослідним шляхом встановлено, що зменшення тиску на 385 мм рт.ст. за 0,4 секунди людина переносить без будь-яких негативних наслідків. Проте новий тиск, який виникає внаслідок декомпресії, може призвести до небажаних результатів – висотного метеоризму і висотних емфізем. Висотний метеоризм – це розширення газів, що містяться у вільних порожнинах тіла. Скажімо, на висоті 12 км унаслідок висотного метеоризму об'єм

шлунка і кишкового тракту збільшується у 5 разів. Висотні емфіземи, або *висотні болі*, – це результат переходу газу із розчиненого стану у газоподібний.

Якщо при піднятті над поверхнею Землі атмосферний тиск зменшується, то роботи під водою або у насичених водою ґрунтах здійснюються при підвищеному атмосферному тиску.

При виконанні *глибоководних робіт* [у тому числі при використанні кесонів (від франц. *caisson* – *ящик*) – спеціальних конструкцій у вигляді бетонної (або залізобетонної) камери для створення під водою або в насиченому водою ґрунті робочого простору, вільного від води] розрізняють три періоди: 1) підвищення тиску (компресії); 2) перебування в умовах підвищеного тиску; 3) зниження тиску (декомпресії). Кожному з них властивий специфічний комплекс функціональних змін в організмі людини.

Надлишковий тиск повітря призводить до *підвищення парціального тиску кисню в альвеолярному повітрі*, до зменшення об'єму легень і збільшення сили дихальної мускулатури, необхідної для здійснення вдиху – видиху. У зв'язку з цим робота на глибині (наприклад, при виготовленні мостових опор і фундаментів глибокого закладання) потребує підтримання підвищеного тиску за допомогою спеціального спорядження або обладнання, зокрема кесонів.

Зверніть увагу! 1. При роботі в умовах *надлишкового тиску* знижуються показники вентиляції легень за рахунок деякого зменшення частоти дихання і пульсу.

2. Тривале перебування при *надлишковому тиску* призводить до токсичної дії деяких газів, що входять до складу повітря, яке вдихається. Ця токсична дія проявляється у порушенні координації рухів, галюцинаціях, ослабленні пам'яті, розладах зору і слуху.

3.4. Контроль параметрів мікроклімату на робочих місцях

З метою створення і постійного підтримання в процесі виробництва на робочих місцях сприятливих умов праці необхідно *постійно* контролювати параметри мікроклімату.

Періодичний контроль параметрів мікроклімату здійснюють під час атестації (від лат. *attestatio* – *свідоцтво*) робочих місць за умовами праці, при технічній перевірці ефективності роботи систем вентиляції та кондиціонування повітря, опалення приміщень.

Контроль параметрів мікроклімату на робочих місцях здійснюють за допомогою спеціальних приладів і пристроїв.

Температуру повітря вимірюють за допомогою звичайних (ртутних або спиртових) термометрів, парних термометрів або термографів.

NON MULTA, SED MULTUM

Слово «температура» виникло в ті часи, коли люди вважали, що в більш нагрітих тілах міститься більша кількість особливої речовини – теплорода. Тому температура сприймалася як міцність суміші речовини тіла і теплорода. З цієї причини одиниці вимірювання міцності спиртних напоїв і температури називають однаково – градусами.

Для вимірювання температури існує декілька температурних шкал: Цельсія (С), Реомюра (R), Фаренгейта (F) і міжнародна температурна шкала. Перші три шкали отримують діленням інтервалу на шкалі термометра між температурою плавлення льоду і температурою кипіння води на рівні частини: за шкалою Цельсія – на 100 рівних частин, при цьому точку

плавлення льоду позначають за 0° , а точку кипіння води – за 100° ; за шкалою Реомюра – на 80 частин (0° і 80°); за шкалою Фаренгейта – на 180 частин, при цьому точку плавлення льоду позначають за $+32^{\circ}$, а точку кипіння води – за $+212^{\circ}$.

Міжнародна температурна шкала є практичним втіленням термодинамічної стоградусної шкали, в якій температура плавлення льоду і температура кипіння води при нормальному тиску (760 мм рт.ст.) позначені відповідно як 0 і 100°C .

Абсолютною температурою (Т) називають температуру, що відліковується від абсолютного нуля, тобто від $-273,16^{\circ}\text{C}$, і вимірюється в градусах Кельвіна (К). Градус Кельвіна за величиною не відрізняється від градусу Цельсія, тож абсолютна температура визначається в градусах стоградусної шкали таким чином: $T(\text{K}) = t(^{\circ}\text{C}) + 273$.

Зверніть увагу! Принцип дії звичайного термометра оснований на тепловому розширенні рідини (ртуті, спирту) при зміні навколишньої температури.

Парний термометр використовують для вимірювання температури в приміщеннях, що мають джерела теплового випромінювання. Він складається з двох термометрів, чутливий кінець яких оформлений у вигляді чорного (один термометр) і посрібленого, світлого (другий термометр) резервуарів. Обидва термометри мають спільний каркас, що їх утримує, розміщені паралельно один одному і здатні відповідно поглинати і відбивати основну частину променевої теплоти.

Термограф (від грецьк. *thermos* – теплий + *grapho* – пишу) – прилад для безперервної реєстрації температури повітря, яка може змінюватися з часом. Чутливим елементом приладу є біметалева (від лат. *bi* – дво(x), тобто така, що складається з двох частин) пластинка, виготовлена з двох металів, що мають різний коефіцієнт теплового розширення. При зміні температури біметалева пластина вигинається і через систему важелів величина деформації передається до пера самописця, фіксуючи на паперовій стрічці, закріпленій на барабані, всі зміни температури.

Вологість повітря (абсолютну або відносну) на практиці найчастіше вимірюють за допомогою психрометрів (від грецьк. *psychria* – холод + *metron* – міра) та гігрометрів (від грецьк. *higros* – вологий).

Зверніть увагу! Існують декілька методів визначення вологості повітря: хімічний, точки роси, гігрометричний, психрометричний та інші. Прилади для хімічного методу, точки роси і гігрометричного методу засновані на зміні фізичних властивостей деяких речовин, наприклад, кінського волоса, що використовується як датчик (чутливий елемент) у гігрометрі. При підвищенні вологості повітря волос всмоктує вологу і подовжується, а при зменшенні вологості – вкорочується, від чого змінюється і положення стрілки приладу.

Стаціонарний психрометр складається з двох термометрів – «сухого» і «мокрого». Чутливий кінець мокрого термометра обгорнутий батистовою тканиною, опущеною у спеціальний резервуар, наповнений дистильованою водою. З поверхні змоченої тканини постійно випаровується вода, забезпечуючи утримання цього термометра в середовищі насиченої водяної пари.

Величину відносної вологості визначають за різницею показань сухого й мокрого термометрів за психрометричною таблицею (табл. 3.1) або розрахунковим методом.

Психрометрична таблиця відносної вологості повітря

Показання сухого термометра, $t_c, ^\circ\text{C}$	Різниця показань сухого t_c і мокрого t_m термометрів, $^\circ\text{C}$									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
0	81	63	45	28	11	-	-	-	-	-
2	84	68	51	35	20	-	-	-	-	-
4	85	70	56	42	28	14	-	-	-	-
6	86	73	60	47	35	23	10	-	-	-
8	87	75	63	51	40	28	18	7	-	-
10	88	76	65	54	44	34	24	14	4	-
12	89	78	68	57	48	38	29	20	11	-
14	90	79	70	60	51	42	33	25	17	9
16	90	81	71	62	54	45	37	30	22	15
18	91	82	73	64	56	48	41	34	26	20
20	91	83	74	66	59	51	44	37	30	24
22	92	83	76	68	61	54	47	40	34	28
24	92	84	77	69	62	56	49	43	37	31
26	92	85	78	71	64	58	50	45	40	34
28	93	85	78	72	65	59	53	48	42	37
30	93	86	79	73	67	61	55	50	44	39

Для періодичного контролю відносної вологості повітря застосовують переносний аспіраційний психрометр. За принципом дії аспіраційний психрометр не відрізняється від стаціонарного, але за рахунок конструктивних особливостей він дає більш точні результати вимірювань.

Зверніть увагу! Особливістю аспіраційного психрометра є наявність аспірації (від лат. *aspiratio* – дуття, подих) повітря через спеціальні латунні трубки, в яких розміщені сухий і мокрий термометри. Аспірація здійснюється за допомогою механічного або електричного вентилятора, що знаходиться у верхній частині приладу і засмоктує повітря через трубки, змушуючи його протікати зі швидкістю 4 м/с через чутливий кінець сухого та мокрого термометрів.

У випадку, коли потрібно одержати найточніші результати, відносну вологість повітря визначають розрахунковим методом.

У цьому випадку відносна вологість φ (%) обчислюється як відношення абсолютної вологості A ($\text{г}/\text{м}^3$) до максимальної кількості вологи в повітрі F_c ($\text{г}/\text{м}^3$) при температурі сухого термометра:

$$j = \frac{A}{F_c} \times 100.$$

Якщо для вимірювання температур сухого і мокрого термометра використовувати аспіраційний психрометр Асмана, де швидкість руху повітря

постійна, то абсолютну вологість A ($г/м^3$) можна обчислити за формулою Шпрунга

$$A = F_m - 0,5(t_c - t_m),$$

де F_m – максимальний уміст вологи в повітрі при температурі мокрого термометра, ($г/м^3$); 0,5 – коефіцієнт, що враховує вплив швидкості руху повітря на показання термометрів.

Максимальний уміст вологи, що її може утримувати повітря при заданій температурі, відповідає стану насичення і є сталою величиною. Параметри повітря у стані насичення наведені в табл. 3.2.

Таблиця 3.2

Параметри пароповітряної суміші у стані насичення

Температура $t, ^\circ C$	Парціальний тиск водяної пари $P, кПа$	Уміст вологи $F, г/м^3$	Температура $t, ^\circ C$	Парціальний тиск водяної пари $P, кПа$	Уміст вологи $F, г/м^3$
17	1,93	14,5	26	3,36	24,4
18	2,06	15,4	27	3,56	25,8
19	2,19	16,3	28	3,77	27,2
20	2,33	17,3	29	4,0	28,7
21	2,48	18,3	30	4,23	30,3
22	2,64	19,4	31	4,49	32,1
23	2,80	20,6	32	4,74	33,9
24	2,98	21,8	33	5,02	35,7
25	3,16	23,0	34	5,31	37,6

Швидкість руху повітря вимірюють анемометрами – крильчастими і чашковими (рис. 3.1). Крильчасті анемометри фіксують швидкість повітря в діапазоні від 0,2 до 5...10 м/с, а чашкові – від 1 до 20...30 м/с. Для визначення малих швидкостей руху повітря (менше ніж 0,5 м/с) використовують термоанемометри та кататермометри.

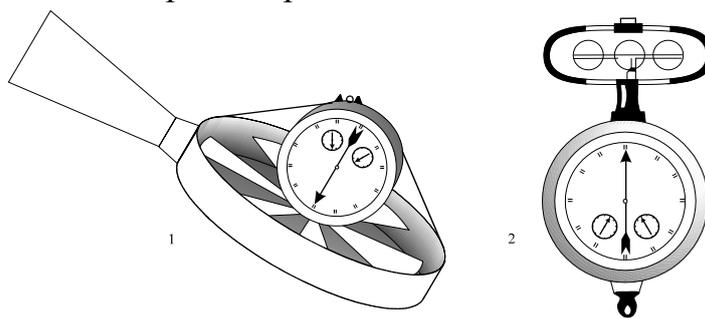


Рис 3.1. Анемометри
1 – крильчастий; 2 – чашковий

3.5. Оптимізація параметрів мікроклімату приміщень

В Україні діють норми виробничого мікроклімату, регламентовані ДСН 3.3.6-042-99 «Державні санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень» та міждержавним стандартом ГОСТ ССБТ 12.1.005-88 «Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны». Вони є єдиними

для всіх виробництв і всіх кліматичних зон з деякими незначними відхиленнями.

Мікрокліматичні умови, які створюються у виробничих приміщеннях, можуть бути *оптимальними* та *допустимими*.

Оптимальні мікрокліматичні умови – поєднання параметрів мікроклімату, які при довгочасній і систематичній дії на людину забезпечують збереження нормального функціонування і теплового стану організму без напруження реакцій терморегуляції.

Зверніть увагу! Оптимальні параметри мікроклімату створюють відчуття *теплового комфорту* і забезпечують високу працездатність людини. Їх застосовують у приміщеннях, де немає енергомісткого технологічного обладнання і значного теплового випромінювання. Оптимальні параметри мікроклімату рекомендується підтримувати в приміщеннях, де виконуються роботи, пов'язані з нервово-емоційним напруженням, або роботи, що потребують підвищеної уваги (диспетчерські, офіси, пульти управління складними технологічними процесами, приміщення, оснащені персональними комп'ютерами тощо).

Допустимі мікрокліматичні умови – поєднання параметрів мікроклімату, які при тривалому і систематичному впливі на людину можуть викликати зміни теплового стану організму, що швидко минають і нормалізуються та супроводжуються напруженням механізмів терморегуляції в межах фізіологічної адаптації.

Зверніть увагу! Допустимі параметри мікроклімату можуть викликати деяке зниження працездатності, але порушень здоров'я у людини при цьому не виникає. Допустимі параметри мікроклімату застосовують у приміщеннях, де неможливо з технічних або економічних причин встановити оптимальні метеоумови, наприклад, у виробничих цехах і дільницях, де функціонує обладнання, що випромінює в повітря *надлишки тепла*. Або навпаки, у великих цехах, де на кожного працюючого припадає більше ніж 100 м² площі і відчувається *дефіцит тепла*. У такому разі параметри мікроклімату підтримуються в допустимих межах тільки на постійних робочих місцях.

У чинних нормах окремо *нормується кожний елемент мікроклімату* в робочій зоні виробничого приміщення. Оптимальні і допустимі значення температури, відносної вологості і швидкості руху повітря встановлюють для робочої зони *виробничих приміщень з урахуванням надлишків явної теплоти, важкості виконуваної роботи та періоду року*.

Розрізняють теплий і холодний періоди року. *Теплий період* року характеризується середньодобовою температурою зовнішнього повітря +10°C і вище, *холодний період* року — температурою, нижчою від +10°C.

Явною називається теплота, яка впливає на зміну температури повітря приміщення.

Надлишок явної теплоти – залишкова кількість теплової енергії (без урахування тепловтрат), яка потрапляє у приміщення при розрахункових параметрах зовнішнього повітря після проведення всіх технологічних, будівельних, організаційно-планувальних, санітарно-технічних засобів щодо їх зменшення, а також щодо герметизації і теплоізоляції обладнання устаткування і т.д.

Розрізняють приміщення з незначною ($<23 \text{ Дж/м}^3 \text{ }^\circ\text{C}$) та приміщення зі значною ($>23 \text{ Дж/м}^3 \text{ }^\circ\text{C}$) кількістю надлишкової теплоти.

Значною мірою на мікроклімат виробничих приміщень впливає **теплове випромінювання від нагрітих поверхонь** технологічного обладнання та від освітлювальних приладів.

Зверніть увагу! Приплив *теплової енергії* на постійних і непостійних робочих місцях не повинен перевищувати 35 Вт/м^2 при опроміненні 50% поверхні людини і більше, 70 Вт/м^2 — при опроміненні 25...50% поверхні людини і 100 Вт/м^2 — при опроміненні не більше 25% поверхні тіла.

Інтенсивність теплового опромінення працівників від відкритих джерел (нагрітого металу, скла, відкритого полум'я тощо) не повинна перевищувати 140 Вт/м^2 , при цьому опроміненню не повинно піддаватися більше 25% поверхні тіла, а використання засобів індивідуального захисту є обов'язковим.

Категорія робіт (за енерговитратами) – розмежування робіт за важкістю на основі загальних енерговитрат організму в *ккал/год (Вт)*.

При оцінюванні важкості фізичної праці її поділяють на *легку роботу, роботу середньої важкості та важку роботу* (див. таблицю 3.3).

NON MULTA, SED MULTUM

Важкість фізичної праці оцінюється в ергономіці як навантаження на організм працівника, котре вимагає підвищених м'язових зусиль і відповідного енергетичного забезпечення. Фізичну роботу поділяють на *статичну* і *динамічну*.

Фізична робота, пов'язана із фіксацією знарядь і предметів праці у нерухомому стані, а також з певною робочою позою працівника, вважається **статичною роботою**.

Фізична робота, пов'язана з переміщенням у просторі знарядь і предметів праці (вантажів), а також самого працівника або частин його тіла, вважається **динамічною роботою**.

У більшості випадків, якщо працівник зайнятий виконанням *статичної роботи* впродовж 10–25% робочого часу, його робота вважається роботою середньої важкості.

Якщо працівник зайнятий виконанням *статичної роботи* впродовж 50% робочого часу і більше, його робота є роботою важкою.

Таблиця 3.3

Класифікація робіт за ступенем важкості

Категорія фізичної роб.	Характеристика робіт	Енерговитрати	
		Дж/с (Вт)	Ккал/год
Легка – Ia	Виконується сидячи та не потребує фізичного напруження	105...140	90...120
Легка – Ib	Виконується сидячи, стоячи або ходячи, без систематичного перенапруження	141...175	121...150
Середньої важкості – Pa	Виконується ходячи, стоячи або сидячи, без піднімання вантажів	176...232	151...200
Середньої важкості – Pb	Виконується ходячи, стоячи або сидячи з перенесенням вантажів до 10 кг	233...290	201...250
Важка – ПІ	Виконується із систематичним перенапруженням з перенесенням вантажів більше 10 кг	291...349	251...300

Для обчислення швидкості енерговитрат енерговитрати працівника (записані у джоулях) ділять на час виконання роботи (записаний у секундах):

$$w = \frac{E}{t} \text{ Дж/с (Вт)}.$$

Енерговитрати E працівника залежать від маси його тіла, тривалості виконання роботи і пульсу (частоти скорочень серця):

$$E = 0,059 \times m_T \times t_{xв} \times (0,12 \times \Pi - 7),$$

де E – енерговитрати працівника, записані у кілоджоулях (кДж); m_T – маса тіла працівника, записана у кілограмах; $t_{xв}$ – час виконання роботи, записаний у хвилинах (хв); Π – пульс працівника, записаний в ударах за хвилину (уд./хв).

ЗАПАМ'ЯТАЙТЕ! 1. В ергономіці також використовують *експериментальні методи* вимірювання швидкості енерговитрат працівника, наприклад, метод *повного газового аналізу*, при якому вимірюють об'єм спожитого людиною кисню та об'єм викинутого при цьому вуглекислого газу.

2. В ергономіці також виконують вимірювання величини дозованої механічної роботи, виконаної працівником, за допомогою спеціального приладу – **ергометра**.

Графічна реєстрація м'язової роботи людини здійснюється за допомогою спеціальних ергометрів – **ергографів**.

За величиною *енерговитрат* працівника можна розрахувати його *пульс*, оцінивши у такий спосіб *фізичний стан людини*.

У більшості галузей промислового виробництва фізична праця працівників організується таким чином, щоб її виконання потребувало енерговитрат працівника на рівні *25...50% від його максимальних можливостей*.

Для **чоловіків** *максимальне* (граничне) значення пульсу (частоти серцевих скорочень) розраховується відніманням від 205 половинного значення віку людини.

Зверніть увагу! Максимальний пульс для працівника чоловічої статі віком 30 років становить $\Pi_{\text{макс}} = 205 - 30 : 2 = 190$ (уд./хв).

Для **жінок** *максимальне* (граничне) значення пульсу (частоти серцевих скорочень) розраховується відніманням від 220 значення віку людини.

Зверніть увагу! Максимальний пульс для працівника жіночої статі віком 30 років становить $\Pi_{\text{макс}} = 220 - 30 = 190$ (уд./хв).

З підвищенням категорії робіт норма температури зменшується. Допустимі значення температури, швидкості руху повітря, відносної вологості залежать від температури зовнішнього повітря, але при цьому температура повітря в приміщенні для найнесприятливіших умов не повинна перевищувати 26...28 °С, відносна вологість повинна бути не більше ніж 75%, швидкість руху повітря рекомендується від 0,5 до 1,0 м/с. (див. табл. 3.4).

Оптимальні норми температури та швидкості руху повітря

Сезон	Категорія робіт	Оптимальна температура, °C	Опт. швидкість руху повітря, м/с
холодний і перехід. сер/доб. <10°C	Легка – Іа	22...24	0,1
	Легка – Іб	21...23	0,1
	Середньої важкості – Іа	18...20	0,2
	Середньої важкості – Іб	17...19	0,2
	Важка – ІІІ	16...18	0,3
теплий сер/доб. >10°C	Легка – Іа	23...25	0,1
	Легка – Іб	22...24	0,2
	Середньої важкості – Іа	21...23	0,3
	Середньої важкості – Іб	20...22	0,3
	Важка – ІІІ	18...20	0,4

Зверніть увагу При одночасному виконанні в робочій зоні робіт різної категорії важкості рівні показників мікроклімату повинні встановлюватись з урахуванням найбільш чисельної групи працівників.

Оскільки поняття оптимальних мікрокліматичних умов передбачає найбільш сприятливе поєднання температури, відносної вологості та швидкості руху повітря, то задачу про умови виробничого середовища необхідно розв'язувати комплексно.

Виміряти комфортність фізичними одиницями неможливо, оскільки мова йде не про фізичну величину сукупної дії комплексу метеорологічних факторів на організм людини, а про її суб'єктивні відчуття. Тому вчені ввели умовні одиниці виміру у вигляді так званих *ефективних* та *ефективно-еквівалентних* температур.

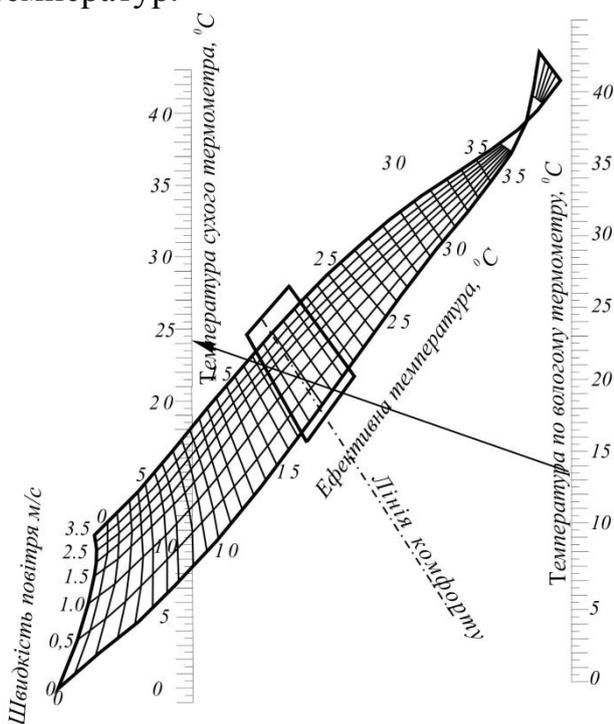


Рис. 3.2. Номограма ефективно-еквівалентних температур

Величини цих параметрів, а також зону комфорту, можна визначити за допомогою номограм *ефективно-еквівалентних температур* (див. рис. 3.2).

Ефективна температура – це така температура, яку відчуває людина при відповідній вологості і при відсутності руху повітря в приміщенні.

Ефективно-еквівалентна температура – температура, яку відчуває людина при відповідній вологості повітря та руху повітря з різною швидкістю в приміщенні.

На основі проведених дослідів і спостережень виявлена залежність впливу вказаних вище факторів на самопочуття людини і параметри зон її комфортного самопочуття.

3.6. Профілактика несприятливого впливу мікроклімату виробничого середовища

Зниження *несприятливого впливу* на працівника виробничого мікроклімату здійснюється за рахунок упровадження технологічних, санітарно-технічних, організаційних і медико-профілактичних заходів.

Провідна роль у запобіганні *несприятливого впливу* на працівника виробничого мікроклімату належить профілактиці – застосуванню системи заходів, спрямованих на запобігання негативної дії мікрокліматичних умов на працівника.

Профілактика шкідливого впливу *високих температур* та *інфрачервоного* (теплого) *випромінювання* здійснюється за рахунок упровадження технологічних заходів: заміни старих і застосування нових технологічних процесів й обладнання, які сприяють поліпшенню несприятливих умов праці (наприклад, шляхом заміни кільцевих печей для сушіння форм і стрижнів у ливарному виробництві тунельними печами; шляхом застосування штампування замість ковальських робіт; за рахунок індукційного нагрівання металів струмами високої частоти тощо).

Зверніть увагу! Важливим засобом профілактики шкідливого впливу *високих температур* та *інфрачервоного* (теплого) *випромінювання* є впровадження автоматизації і механізації, яке дає можливість віддалити робочі місця робітників від джерел конвекційної та радіаційної теплоти.

Профілактика шкідливого впливу *високих температур* та *інфрачервоного* (теплого) *випромінювання* здійснюється також за рахунок упровадження санітарно-технічних заходів, насамперед шляхом застосування колективних засобів захисту: локалізації тепловиділень, теплоізоляції гарячих поверхонь, екранування джерел тепла або робочих місць, повітряного душовання (подачі повітря у вигляді повітряного струменя, скерованого на робоче місце), створення повітряних завіс, раціонального охолодження, дрібнодисперсного розпилення води, загальнообмінної вентиляції або кондиціонування повітря.

Зменшення надходження у виробниче приміщення теплоти значною мірою досягається герметизацією обладнання.

NON MULTA, SED MULTUM

Щільно підігнані дверцята, засувки, блокування закриття технологічних отворів з роботою обладнання — все це значно знижує виділення теплоти від *відкритих джерел*.

Вибір теплозахисних засобів у кожному конкретному випадку має здійснюватися з максимальною ефективністю з урахуванням вимог ергономіки, технічної естетики, безпеки для певного процесу або виду робіт і техніко-економічного обґрунтування.

Теплозахисні засоби, які встановлюються у виробничому приміщенні, мають бути простими у виготовленні й монтажі, зручними в обслуговуванні, не заважати огляду, чистці, змащуванню агрегатів, мати необхідну міцність, потребувати мінімальних витрат на експлуатацію.

Ефективним способом зменшення надходження у виробниче приміщення теплоти є теплоізоляція поверхонь джерел випромінювання (печей, посудин і трубопроводів з гарячими газами і рідинами), за рахунок якої можна суттєво знизити температуру поверхні, котра випромінює, і зменшити як загальне тепловиділення, так і тепловиділення радіаційне.

NON MULTA, SED MULTUM

Теплова ізоляція не тільки дозволяє зменшити теплові втрати обладнання, знизити витрати палива (електроенергії, пари) і підвищити продуктивність агрегатів, вона також сприяє покращенню умов праці.

Утім слід мати на увазі, що тепла ізоляція, підвищуючи температуру робочих елементів, може суттєво скоротити термін їхньої служби, особливо у тих випадках, коли конструкції, які теплоізольовуються, знаходяться в температурних умовах, близьких до допустимої межі для певного матеріалу. В подібних випадках рішення щодо доцільності теплової ізоляції має бути перевірене розрахунком робочої температури елементів, що ізолюються. Якщо вона виявиться вищою за гранично допустиму, тепловий захист має бути здійснений іншими способами.

Зверніть увагу! Для теплової ізоляції зазвичай використовують матеріали, коефіцієнт теплопровідності яких при температурах 50...100°C є меншим від 0,2 Вт/(м×К). Деякі теплоізольовуючі матеріали беруть в їхньому природному стані (азбест, слюда, торф, земля), але більшість цих матеріалів отримують унаслідок спеціальної обробки природних матеріалів, виготовляючи з них різноманітні суміші.

Ефективним способом локалізації джерел променевої теплоти, зменшення теплового опромінення робочих місць і зниження температури поверхонь, що оточують робоче місце, є використання теплових екранів.

Зверніть увагу! 1. Ослаблення теплового потоку за теплозахисним екраном зумовлене його поглинальними і відбиваючими здатностями. 2. Залежно від того, яка здатність екрана є більш вираженою, розрізняють *тепловідбиваючі*, *теплопоглинаючі* і *тепловідвідні* екрани. 3. За ступенем прозорості теплові екрани поділяють на три класи: непрозорі, напівпрозорі і прозорі.

Повітряне душення (подача повітряного струменя на робоче місце) застосовується тоді, коли на працюючого діє теплове випромінювання інтенсивністю 0,35 кВт/м² і більше. Повітряне душення облаштовують також для тих виробничих процесів, де має місце виділення шкідливих газів, а також при неможливості облаштування місцевих укріплень.

NON MULTA, SED MULTUM

Охолоджуючий ефект повітряного душення залежить від різниці температур тіла працівника і потоку повітря, а також від швидкості обтікання повітрям тіла, яке охолоджується.

Для забезпечення на робочому місці заданих температур і швидкостей повітря вісь повітряного потоку спрямовують на груди людини горизонтально або під кутом 45°, а для забезпечення допустимих концентрацій шкідливих речовин її скеровують у зону дихання горизонтально або згори вниз під кутом 45°.

Відстань від душового патрубку до робочого місця встановлюють не меншою ніж 1 метр. Мінімальний діаметр душового патрубку приймають рівним 0,3 м.

Для захисту від прориву холодного повітря у виробниче приміщення через прорізи будівлі (ворота, двері тощо) використовують **повітряні завіси**. Повітряна завіса являє собою повітряний струмінь, скерований під кутом назустріч холодному потоку повітря.

Повітряна завіса виконує роль повітряного шибера (від нім. *Schieber* — заслінка), зменшуючи прорив холодного повітря через прорізи.

NON MULTA, SED MULTUM

Відповідно до вимог будівельних норм повітряні завіси встановлюють у прорізи опалювальних приміщень, якщо вони відкриваються не рідше ніж один раз на годину або на 40 хвилин неперервно при температурі зовнішнього повітря – 15°C і нижче.

Застосовують декілька основних схем повітряних завіс. Завіси з *нижньою подачею* повітря є найбільш економічними щодо витрати повітря і рекомендуються в тому випадку, коли зниження температури поблизу прорізів неприпустимі. Для прорізів з невеликою шириною застосовують *односторонню бокову подачу* повітря. *Двостороннє бокове подання* повітряних струменів застосовують у випадках, коли можлива зупинка транспортних засобів у воротах.

Кількість і температуру повітря для повітряної завіси визначають розрахунковим шляхом, причому температуру нагріву повітря, що подається для повітряної завіси біля дверей, приймають рівною +50 °C.

Організаційні заходи:

Ø додержання технологічних режимів розміщення та експлуатації обладнання;

Ø додержання режимів праці і відпочинку.

Раціональний режим праці і відпочинку розробляється відповідно до *мікрокліматичних умов* виробничого середовища.

Для робітників I і II категорії робіт у теплий період року (оптимальна температура 25°C) відводиться 12,5 % робочого часу протягом зміни: на відпочинок – 8,5 % і особисті потреби – 4 %.

Для робітників за III категорією робіт час на відпочинок і особисті потреби визначається за формулою

$$\tau_{в.о.п} = 8,5 + \left(\frac{E_{\phi}}{292,89} - 1 \right) \times 100,$$

де $\tau_{в.о.п}$ – час на відпочинок і особисті потреби, с; 8,5 – час на відпочинок для робітників II категорії робіт; E_{ϕ} – фактичні енерговитрати робітника за даними фізіологічних випробувань, Дж/с; 292, 89 – максимально допустимі витрати енергії при виконанні робіт II категорії, Дж/с.

При температурі повітря 25...33°C передбачається спеціальний режим роботи і відпочинку при обов'язковому кондиціюванні повітря.

При температурі повітря більше 33°C роботи на відкритому повітрі повинні бути припинені.

При короткочасних роботах в умовах високих температур (гасіння пожеж, ремонт металургійних печей тощо), де температура сягає 80...100°C, великого значення набуває теплове тренування працівників.

Зверніть увагу! Стійкість людини до *високих температур* може бути дещо підвищеною за рахунок вживання фармакологічних засобів (дібазолу, аскорбінової кислоти, суміші цих речовин і глюкози).

При нефіксованих робочих місцях і роботі на відкритому повітрі у холодних кліматичних умовах обов'язковою є організація спеціальних приміщень для *обігріву працівників*;

NON MULTA, SED MULTUM

За несприятливих метеорологічних умов (при температурі повітря -10 °С і нижче) обов'язковими є перерви на обігрів працівників тривалістю 10...15 хвилин щогодини. При температурі зовнішнього повітря від -30 °С до -45 °С 15-хвилинні перерви на відпочинок організуються кожні 60 хвилин від початку робочої зміни і після обіду, а потім через кожні 45 хв роботи.

Ø додержання режиму пиття води в теплий період року.

3.7. Профілактика отруєнь на виробництві

Кожного дня хіміки синтезують близько тисячі нових речовин, деякі з них знаходять застосування в нашому житті. Зростання асортименту нових матеріалів загострює проблему отруєнь на виробництві, якою займається наука «токсикологія».

Шкідлива речовина – речовина, що, контактуючи з організмом людини, може викликати захворювання чи відхилення у стані здоров'я не лише при безпосередньому контакті з нею, а ще і вплинути на стан здоров'я наступних поколінь.

Шкідливі речовини, що потрапили тим чи іншим шляхом (*через органи дихання, травлення, а також через шкіру і слизові оболонки*) можуть викликати отруєння (*гострі чи хронічні*).

Гострі отруєння виникають у результаті одноразової дії великих доз шкідливих речовин (чадний газ, метан, пропан, сірководень та ін.).

Хронічні отруєння розвиваються внаслідок тривалої дії на людину невеликих концентрацій шкідливих речовин (свинець, ртуть, марганець та ін.), при цьому вони можуть не лише накопичуватись в організмі (матеріальна кумуляція), але й викликати «накопичення» функціональних ефектів (функціональна кумуляція).

Ступінь отруєння залежить від:

1. Характеру токсичності речовин: їдкі, що руйнують шкіряний покрив, слизові оболонки (кислотоутворюючі гази), органи дихання (двоокисли кремнію, сірчистий газ), що діють на кров (окис вуглецю, миш'яковистий водень), на нервову систему (спирти, ефіри, вуглеводень).

2. Фізико-хімічних властивостей речовин: розчинності, летючості, агрегатного стану.

3. Фізичного стану: тверді (свинець, миш'як), рідинні (бензин, бензол), газоподібні (окисли вуглецю, ацетилен, метан).

4. Їх кількості (концентрації) та часу дії.

5. Шляху, яким вони потрапили в організм.

6. Здатності речовин до випаровування та сублімації.

6. Метеорологічних умов.

7. Індивідуальних особливостей та стану організму та ін.

Багато хімічних речовин, які самі по собі є високотоксичними, потрапляючи в організм людини, не становлять серйозної небезпеки. У той же час речовини з відносно малою токсичною дією у деяких випадках виявляються

небезпечними. Це пояснюється тим, що можливість захворювання на виробництві залежить не тільки від абсолютної токсичності речовини, але й їхніх фізико-хімічних властивостей та реальних умов їх застосування.

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

Гранично допустима концентрація (ГДК) шкідливої речовини – максимальна кількість речовини в одиниці об'єму середовища, яка не викликає погіршення здоров'я та професійних захворювань протягом усієї професійної діяльності людини.

Класифікація речовин за ступенем небезпечності

Класи небезпечності	ГДК в повітрі, мг/м ³	ЛД ₅₀ при попаданні в		
		шлунок, мг/кг ваги	на шкіру, мг/кг ваги	повітря, мг/м ³
I – надзвичайно небезпечні	<0,1	<15	<100	<500
II – високонебезпечні	<1,0	<150	<500	<5000
III – помірно небезпечні	<10	<5000	<2500	<50000
IV – малонебезпечні	>10	>5000	>2500	>50000

Якщо в приміщенні існує кілька шкідливих речовин односпрямованої дії (шкідливі речовини, які є близькими за хімічною будовою та характером впливу на організм людини), необхідно дотримуватися умови

$$\frac{C_1}{ГДК_1} + \frac{C_2}{ГДК_2} + \dots + \frac{C_n}{ГДК_n} \leq 1,$$

де $C_1 \dots C_n$ – фактичні концентрації шкідливих речовин у повітрі, мг/м³.

Наведена залежність не є універсальною і може бути використана лише в обмеженій сфері, оскільки на сьогодні у природному середовищі з'явилися нові хімічні елементи.

Наприклад:

У робочому приміщенні виявлено суміш сірководню (H₂S) і метану (CH₄). ГДК для H₂S становить 10 мг/м³, для CH₄ – 50 мг/м³, а суміші CH₄ і H₂S – 3 мг/м³. Використовуючи наведену залежність, отримаємо

$$\frac{6 \text{ мг/м}^3 (\text{H}_2\text{S})}{10 \text{ мг/м}^3} + \frac{20 \text{ мг/м}^3 (\text{CH}_4)}{50 \text{ мг/м}^3} = 1.$$

У той же час ГДК суміші H₂S вуглеводнів ряду C₁...C₅ не повинна перевищувати 3 мг/м³, а згідно із залежністю (1) перевищення становитиме (6+20)/3=8,6, тобто у 8,6 раз вище ГДК суміші.

Якщо враховувати біологічну еквівалентність різних речовин, що входять до суміші, то і в цьому разі, ймовірно, залежність (1) не дає одержати об'єктивний результат.

Наприклад:

У робочому приміщенні виявлено суміш NO₂ і SO₂. ГДК для NO₂ становить 5 мг/м³, для SO₂ – 10 мг/м³. Використовуючи залежність (1), отримаємо

$$1) \frac{4 \text{ мг/м}^3}{5 \text{ мг/м}^3} + \frac{2 \text{ мг/м}^3}{10 \text{ мг/м}^3} = 1 \quad \text{або} \quad 2) \frac{1 \text{ мг/м}^3}{5 \text{ мг/м}^3} + \frac{8 \text{ мг/м}^3}{10 \text{ мг/м}^3} = 1.$$

Проте встановлено, що ступінь впливу SO_2 на тваринні та рослинні організми приблизно вдвічі більший, ніж NO_2 , тобто можна прийняти, що за рівнем впливу на живі організми 1 мг SO_2 еквівалентний 2 мг NO_2 . Тоді стосовно SO_2 :

$$1) \frac{4 \text{ мг/м}^3}{2} + 2 \text{ мг/м}^3 = 4 \text{ мг/м}^3; \quad 2) \frac{1 \text{ мг/м}^3}{2} + 8 \text{ мг/м}^3 = 8,5 \text{ мг/м}^3,$$

тобто не перевищує ГДК.

Щодо кількості NO_2 одержимо:

$$1) 4 \text{ мг/м}^3 + 2 \cdot 2 \text{ мг/м}^3 = 8 \text{ мг/м}^3; \quad 2) 1 \text{ мг/м}^3 + 2 \cdot 8 \text{ мг/м}^3 = 17 \text{ мг/м}^3,$$

тобто істотно вище ГДК.

При одночасному вмісті в повітрі кількох шкідливих речовин, що не мають односпрямованої дії, ГДК залишаються такими самими, як і при їх ізольованій дії.

Для контролю концентрації виробничих шкідливостей використовують наступні методи:

Ø лабораторний метод полягає у відборі проб повітря робочої зони і проведенні фізико-механічного аналізу у лабораторних умовах;

Ø експрес-метод, ґрунтується на явищі колориметрії (зміні кольору індикаторного порошку в результаті дії відповідної шкідливої речовини) і дозволяє швидко визначити концентрацію речовини безпосередньо на робочому місці;

Ø метод неперервної автоматичної реєстрації вмісту в повітрі шкідливих хімічних речовин з використанням газоаналізаторів та газосигналізаторів;

Ø індикаційний метод. При відборі проб повітря використовують газоаналізatori.

Засоби захисту від небезпечних речовин:

· загальні (удосконалення технологічних процесів, повна герметизація технологічного обладнання, виключення отруйних речовин з технології, механізація й автоматизація процесів, застосування систем вентиляції);

· індивідуальні (респіратори, захисні окуляри, протигази, комбінезони, скафандри).

ТЕМА 4. ЗАХИСТ ВІД ПИЛУ НА ВИРОБНИЦТВІ

План лекції

- 4.1. Причини виникнення, класифікація за фізико-механічними якостями, оцінювання шкідливості і небезпечності пилу на виробництві.
- 4.2. Методи дослідження концентрації пилу на виробництві.
- 4.3. Загальні напрями боротьби з пилом, колективні та індивідуальні засоби захисту.
- 4.4. Вентиляція виробничих приміщень.
- 4.5. Механічні та електрофізичні засоби очищення повітря від пилу.

4.1. Причини виникнення, класифікація за фізико-механічними якостями, оцінювання шкідливості і небезпечності пилу на виробництві

Пил – один із різновидностей аерозолів, тобто дисперсних систем, що складається з твердих або рідких частинок (дисперсної фази), зваженої у газовому (дисперсному) середовищі.

Причини утворення пилу:

- Û незадовільна герметизація технологічного обладнання, порушення встановленої технології, несправність машин і механізмів;
- Û порушення вимог транспортування, зберігання та використання матеріалів й інші причини.

За ступенем впливу на організм людини виробничий пил підрозділяється на чотири класи небезпечності:

- I – надзвичайно небезпечний пил (деякі з'єднання свинцю, ртуть);
- II – високонебезпечний (мідь, бром);
- III – помірно небезпечний (двооксид кремнію, сплав хрому із залізом);
- IV – малонебезпечний (оксид алюмінію, доломіт).

Ступінь впливу пилу на людину залежить від наступних чинників:

- 1) фізико-хімічних характеристик пилу (органічний, мінеральний, змішаний, форма часток (*найбільш небезпечні частинки з гострими кутами*), наявність електричного заряду (*заряджені частинки пилу триваліший час затримуються у легенях*));
- 2) дисперсності (*три групи пилу*) (I – видимий (>10 мк), II – мікроскопічний ($10...0,25$ мк), III – ультрамікроскопічний ($<0,25$ мк)) – різна швидкість осідання і прониклива здатність (*крупні частинки осідають на верхніх дихальних шляхах, мілкі – проникають у легені*);
- 3) токсичності (здатність частинок пилу розчинятися і вступати в хімічні реакції з органічними рідинами організму);
- 4) концентрації пилу в повітрі.

Більшість видів пилу є пожежо- та вибухонебезпечними. За цими ознаками пило-повітряні суміші діляться на дві групи і чотири класи.

Група А – суміші вибухонебезпечні (основною характеристикою є HMZ (нижня межа займання – мінімальна вагова концентрація пилу в 1 м^3 повітря, при якій уже можливе загоряння):

I клас – особливо вибухонебезпечна $HMZ < 16\text{ г/м}^3$ (пил нафталіну, сірки, крохмалю, ебоніту).

II клас – вибухонебезпечна $HMZ 16, 65\text{ г/м}^3$ (пил дерева, пшеничної муки, торфу).

Група Б – суміші пожежонебезпечні по самозайманню:

III клас – особливо пожежонебезпечні, $t_{займ} < 250\text{ }^\circ\text{C}$ (бавовняний, тютюновий пил).

IV клас – пожежонебезпечні, $t_{займ} > 250\text{ }^\circ\text{C}$ (вугільний, цинковий пил).

Згідно з ГОСТ 12.1.005-88 (діючий, дата скасування дії: 01.01.2022 р.) встановлюються гранично допустимі концентрації шкідливих речовин (ГДК), включаючи і виробничий пил. Вони нормуються у мг/м^3 з урахуванням класу небезпеки й агрегатного стану. ГДК розповсюджується на повітря робочої зони незалежно від розташування робочих місць.

4.2. Методи дослідження концентрації пилу на виробництві

Система лікувально-профілактичних заходів із запобігання професійних захворювань потребує необхідності проведення періодичного або постійного контролю за станом шкідливих виробничих факторів. Для цього складаються і ведуться паспорти санітарно-технічного стану цехів (учасників робіт).

Періодичність контролю:

à постійний – для речовин I та II класів;

à періодичний – для речовин III та IV класів.

Під **концентрацією пилу** розуміють кількісне співвідношення дисперсної фази і дисперсного середовища. За її величиною встановлюють санітарні норми вмісту конкретного виду пилу, а також підбирають методи вловлювання пилу і пристрої, які забезпечують зменшення запиленості приміщень й організованих викидів.

Залежно від методу контролю розрізняють *числову і масову концентрації* пилу.

Числова концентрація показує, скільки частинок пилу міститься в одиниці об'єму повітря (число/см^3). У загальному випадку під цим розуміють концентрацію частинок пилу незалежно від їх форми, розмірів і складу речовини.

Для характеристики чистоти повітря зазвичай використовують термін «запиленість повітря», під яким розуміють масову концентрацію пилу (г/см^3 , мг/см^3 за нормальних умов).

NON MULTA, SED MULTUM

Вимірювання концентрації пилу є важким метрологічним завданням, тому що пил являє собою складну систему, яку не можна описати з достатнім ступенем точності одним або двома параметрами. Пил завжди є полідисперсним, тобто характеризується більш-менш широким спектром розмірів часток (від 10^{-2} до 10^2 мкм). Концентрація пилу

може коливатися від 10^{-2} до 10^5 мг/м³. Крім того, походження, форма, фізико-хімічні й механічні властивості часток пилу можуть бути дуже різноманітними. Частинки пилу, перебуваючи у зваженому стані у повітряному середовищі, піддаються впливу сили тяжіння, аеродинамічного опору, електричних сил і сил тертя, аутогезійних сил, коагуляції, впливу температури й вологості повітря, дії повітряних потоків, внаслідок чого вони коагулюються, осідають на поверхні, тобто відбувається швидка зміна концентрації пилу в просторі й у часі.

Пилова система піддається тимчасовим і місцевим коливанням, тобто являє собою стохастичний процес, у зв'язку із чим неможливо створити універсальні методи й прилади для виміру концентрації пилу. Відомі на сьогоднішній день методи можна використати для кількісного контролю пилу тільки в деякому інтервалі концентрацій. Точність виміру залежить від фізико-хімічних і механічних властивостей пилу, умов експлуатації приладу, а також від кваліфікації дослідників.

Виникають певні труднощі при вимірювання концентрації пилу у повітропроводах при організованому викиді запиленого повітря назовні через повітроочисні пристрої або минаючи їх, де необхідно враховувати швидкість, турбулентність, вологість, температуру пилогазового потоку.

Результати пилових вимірювань характеризують пил пилової системи в одній точці замірів у певний час, тобто вони визначають один стан пилу. Отже, необхідно застосовувати математично-статистичні методи для більш повної характеристики пилу і її динаміки у пиловій системі.

Методи вимірювання запиленості повітря передбачають контроль запиленості атмосферного повітря, повітря виробничих приміщень і організованих викидів вентиляційних систем, вимір концентрації пилу після її осадження й при знаходженні її у зваженому стані.

Наразі *основним методом* визначення запиленості повітря виробничих приміщень і організованих викидів є **ваговий (гравіметричний)** метод, який заснований на фільтрації запиленого повітря через той чи інший фільтр з наступним ваговим визначенням кількості пилу, що вловилася.

Ваговий метод визначення концентрації пилу полягає у виділенні із пилогазового потоку частинок пилу і визначенні їх маси шляхом зважування. При використанні цього методу відбирають пробу запиленого повітря, визначають його об'єм, відділяють пил від повітря і зважують її.

Зверніть увагу! Дуже важливо виміряти об'єм відібраного повітря. Зазвичай для цього використовують скляні діафрагми (реометри), якщо об'єм повітря не перевищує 2...3 м³/год. Використовують також ротаметри, газові лічильники, дросельні прилади-діафрагми і т.д. (останні при об'ємах повітря 10...100 м³/год).

Перед зважуванням фільтри АФА (аналітичний фільтр аеродисперсних домішків) з пилом витримують у лабораторії, щоб їх температура і вологість відповідали параметрам у приміщенні.

Після визначення маси пилу, що осів на фільтрах визначають його концентрацію, віднесено до нормальних умов, за формулою

$$Q = \frac{(m_2 - m_1)1000}{V_0 t}, [мг/м^3],$$

де Q – запиленість повітря (концентрація), мг/м³; V_0 – об'єм повітря, протягнутого через фільтри, л/хв; t – тривалість відбору проб, хв; m_2, m_1 – маса фільтра до і після відбору повітря, мг.

Зверніть увагу! Відібраний об'єм повітря $V_{нов}$ необхідно привести до нормальних умов, використовуючи закон Клапейрона – Менделєєва

$$V_0 = V_{нов} \frac{273}{T} \frac{p}{p_0},$$

де p і p_0 – тиск в умовах вимірювання і нормальних, Па; T – абсолютна температура в умовах вимірювання.

Запиленість повітря визначають електроаспіратором або двоступеневим гравіметричним приладом SPG 10, SPG 20.

Недоліки методу – низька продуктивність, необхідність урахування швидкості руху повітря і його пульсації; точність результатів залежить від якості фільтра і кваліфікації дослідника.

NON MULTA, SED MULTUM

Непрямі методи засновані на використанні різних фізичних явищ, параметри яких змінюються залежно від концентрації пилу у досліджуваному повітряному середовищі.

Переваги непрямих методів – висока продуктивність, простота виміру.

Недоліки – невисока точність вимірів, складність конструкції й висока вартість приладів.

Для контролю запиленості повітря виробничих приміщень і організованих викидів найбільш широко застосовують *оптичний, зарядно-контактний, радіоізотопний, п'єзоелектричний і ємнісний методи*, які відрізняються більшою точністю вимірів і високою чутливістю.

Акустичний, індукційний та інші методи, засновані на вловлюванні пилу водою, широкого поширення не одержали через низьку точність вимірів, громіздкість і високу вартість.

Застосовують методи акустичної, механічної вібрації, методи, засновані на вимірі перепаду тисків на фільтрі, та інші.

Акустичний метод заснований на зміні параметрів акустичного поля за наявності часток пилу у просторі між джерелом і приймачем звуку. Втрати ультразвукової енергії обумовлені впливом зважених твердих часток. На результати виміру концентрації пилу акустичним методом впливають швидкість і температура пилогазового потоку, вологість, температура й дисперсний склад пилу. Недолік методу – складність вимірювальної апаратури.

Індукційний метод заснований на вимірі індукованого на електроді вимірювальної камери заряду, що виник при русі через камеру заряджених часток пилу. Величина заряду є мірою масової концентрації пилу. Перевагою методу є те, що для виміру загального заряду часток не потрібно осаджувати їх на електроді.

Застосування індукційного методу дозволяє створити пиломіри досить простої конструкції. Однак методу властиві погрішності, тому що розподіл зарядів на частках пилу залежить від багатьох факторів і із часом може змінюватися у широких межах.

Метод **механічної вібрації** заснований на вимірі зміни частоти коливного елемента при осадженні на ньому пилу. Використовується коливний фільтр, закріплений на пружинному тримачі. Спеціальний пристрій збуджує коливання фільтра у горизонтальній площині. За допомогою насоса пилогазовий потік пропускають через фільтр і вимірюють частоту коливань останнього до й після прокачування потоку. Порівняльний пристрій видає сигнал, пропорційний масі осілого пилу.

На результат виміру впливають нерівномірність товщини стрічки, коливання температури й тиску при пересуванні стрічки із зони порівняння у вимірювальну зону, нерівномірність товщини шару пилового осаду, тертя в підшипниках під час руху, мінливість натягу й інші фактори.

Метод, заснований на вимірюванні перепаду тисків на фільтрі. Пропускаючи пилогазовий потік із постійною швидкістю через фільтр, вимірюють різницю тиску на

вході й виході з фільтра, що відображує зміну концентрації пилу. На точність виміру концентрації пилу впливають ті ж фактори, що й при методі механічної вібрації.

При використанні методу, заснованого на розбавленні пилу газоподібним носієм, визначають витрату чистого газоподібного носія, необхідного для досягнення певної постійної концентрації пилу, за допомогою апаратури, що контролює зазначену концентрацію пилу. Цей метод широкого застосування не знайшов через низьку точність вимірів, громіздкість й високу вартість.

При використанні методу, заснованого на вловлюванні пилу водою, відокремлюють пил від газу й за ступенем помутніння води судять про концентрацію пилу в повітрі. Мутність води визначається за інтенсивністю пройденого через неї світлового потоку, який порівнюють з інтенсивністю світлового потоку чистого повітря. Різниця інтенсивностей світла характеризує масову концентрацію пилу у водній суспензії. Знаючи об'єм газу, визначають концентрацію пилу в газі.

Вимірювання запиленості повітря оптичними методами засновано на вимірюванні світлового пучка, який проходить через пилове середовище (завислий чи осаджений пил), внаслідок його поглинання, розсіювання і заломлення. Різновидами оптичних методів є фотометричний, люмінесцентний, інтегрального розсіювання, абсорбційний і лазерний.

Коніметричний (лічильний) – застосовують при невеликій концентрації пилу, коли потрібно зробити його якісну характеристику.

У такому методі визначають кількість частинок пилу в одиниці об'єму повітря. Для цього використовують спеціальний прилад (коніметр), який складається із зволожувальної трубки, поршневого насосу, приймальної камери і предметного скла.

Повітря, у якому міститься пил, всмоктується у зволожувальну трубку і зволожується. Потім під тиском повітря проходить у приймальну камеру, де тиск падає, водяні пари концентруються на частинках пилу і разом з ними осідають на предметне скло. Після випаровування вологи за допомогою мікроскопа підраховують кількість пилинок, а також визначають характеристики кожної з них. Розрахунок виконують згідно з формулою

$$X = \frac{N}{V} = \frac{kn_{cp}S}{V} = \frac{kn_{cp}\rho R^2}{\rho R^2 h} = \frac{kn_{cp}}{h},$$

де X – число пилинок у 1 см^3 досліджуваного об'єму повітря; N – загальна кількість пилинок у ємності (приймальній камері); V – об'єм повітря; k – число кліток – полів зору (масштабне скло має сітку з клітинами – поле зору) в 1 см^2 окуляра мікроскопа; n_{cp} – середнє число пилинок, підрахованих у п'яти різних полях зору окуляра-мікрометра; S – площа основи ємності, см^2 ; h – висота ємності, рівна 3 см .

4.3. Загальні напрями боротьби з пилом, колективні та індивідуальні засоби захисту

Для забезпечення чистоти повітряного середовища виробничих приміщень передбачаються технічні, технологічні й організаційні заходи.

Для нормалізації повітряного середовища виробничих приміщень і робочих місць перш за все необхідно організувати проведення технологічних процесів таким чином, щоб виключити або звести до мінімуму виділення пилу і шкідливих газів у навколишнє середовище. Основні напрями колективного

захисту працюючих:

- Û удосконалення технологічних процесів із забезпечення повної герметизації обладнання;
- Û комплексна механізація виробничих операцій із застосуванням дистанційного або автоматичного управління і контролю;
- Û застосування пневмотранспорту і герметизація комунікацій;
- Û заміна сухих способів переробки сухих матеріалів вологими (гідрознепилення);
- Û раціональне планування промислових площадок з урахуванням рози вітрів, розміщення з підвітряної сторони будівель, у яких здійснюються технологічні процеси, пов'язані з найбільшим виділенням шкідливостей;
- Û виключення протікання забрудненого повітря із частини будівлі з підвищеною концентрацією шкідливостей у другу частину будівлі з більш низькою концентрацією, підтримання розрідження повітряного середовища в будівлях з інтенсивним виділенням шкідливостей і надлишковий тиск у «чистій» частині будівлі.
- Û застосування систем вентиляції і місцевої аспірації.

Як тимчасові і термінові заходи запобігання впливу пилу на організм працюючих використовують індивідуальні захисні засоби. Основні види індивідуального захисту працюючих:

- Û тіла – спецодяг і взуття, гумові рукавиці;
- Û голови – захисні каски;
- Û органів дихання – респіратори, протигази, марлеві пов'язки;
- Û очей – захисні окуляри, а також дерматологічні речовини (миючі пасти, креми, мазі).

4.4. Вентиляція виробничих приміщень

Вентиляція – сукупність засобів і заходів, призначених для забезпечення на постійних робочих місцях та зонах обслуговування виробничих приміщень метеорологічних умов і чистоти повітряного середовища, що відповідають гігієнічним та технічним вимогам.

Основне завдання вентиляції – вилучити із приміщення забруднене, вологе або нагріте повітря та подати чисте свіже повітря.

Класифікація:

- 1) за способом переміщення повітря – штучна (механічна), природна та суміщена (природна й штучна одночасно);
- 2) за місцем дії – загальнообмінна, місцева, комбінована;
- 3) за напрямком потоку повітря – припливна, витяжна, припливно-витяжна;
- 4) за призначенням – робоча, аварійна.

При **штучній вентиляції** повітрообмін здійснюється внаслідок різниці тисків, що створюється вентилятором. Вона застосовується в тих випадках, коли тепловиділення у виробничому приміщенні недостатні для постійного використання аерації або коли кількість чи токсичність шкідливих речовин, які

виділяються у повітря приміщення, є такою, що виникає необхідність постійного повітрообміну незалежно від метеорологічних умов навколишнього середовища.

Загальнообмінна вентиляція підтримує нормальне повітряне середовище у всьому об'ємі робочої зони виробничого приміщення.

Розрізняють чотири основні схеми організації повітрообміну при загальнообмінній вентиляції: зверху вниз, зверху вгору, від низу до верху, знизу вниз. Крім того, можливі різні комбінації з цих схем (рис. 4.1.).

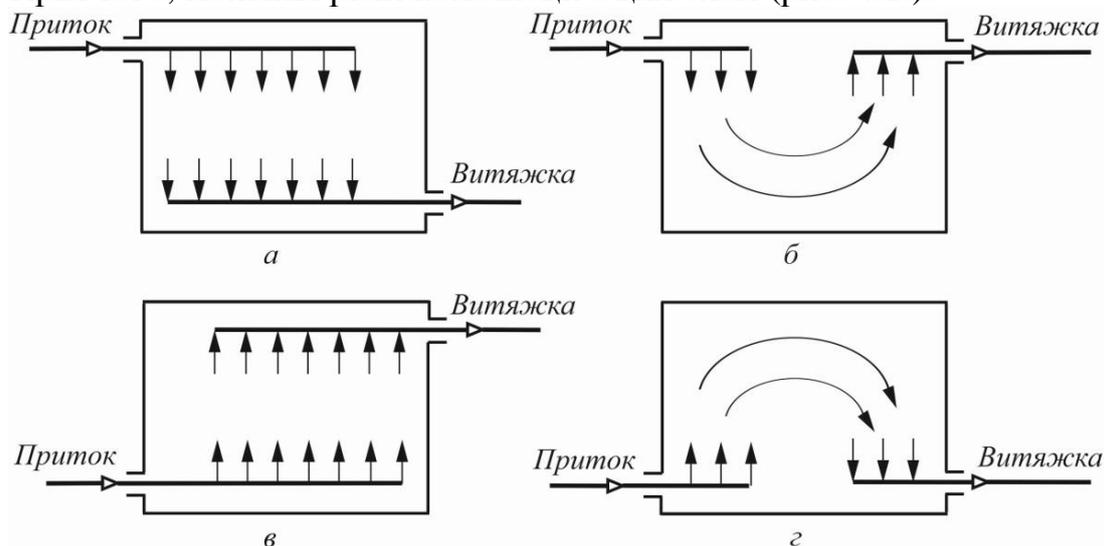


Рис. 4.1. Схеми подачі повітря

Схема *зверху вниз* (рис. 4.1. а) забезпечує подачу повітря зверху і витяжку знизу (від підлоги) приміщення. У схемі *зверху вгору* (рис. 4.1. б) повітря подається і видаляється у верхній зоні. Обидві схеми доцільно застосовувати в разі, якщо припливне повітря у холодний період року має температуру нижче температури приміщення, тобто за наявності надлишків тепла. При цьому припливне повітря проходить по всій висоті приміщення, поглинає тепло і надходить у робочу зону нагрітим. Це дозволяє приймати різницю температур припливного і внутрішнього повітря $\Delta t = 5 \dots 10 \text{ }^\circ\text{C}$. Перемішування припливного і внутрішнього повітря створює у робочій зоні слабкі вторинні потоки, сприятливі для самопочуття працюючих.

Якщо у виробничому приміщенні виділяються пари або гази із щільністю, що перевищує щільність повітря (наприклад, пари кислот, бензину, гасу, толуолу і т.д.), то загальнообмінна вентиляція повинна забезпечувати видалення 60% повітря з нижньої зони приміщення та 40% – з верхньої. Якщо щільність газів менше щільності повітря, видаляти забруднене повітря необхідно з верхньої зони приміщення, а подавати – безпосередньо в робочу зону. При одночасному вмісті в повітрі кількох шкідливих речовин односпрямованої дії розрахунок загальнообмінної вентиляції слід проводити шляхом підсумовування обсягів повітря, необхідних для розведення кожної речовини окремо до її гранично допустимої концентрації.

Припливна вентиляція слугує для подачі чистого повітря ззовні у приміщення. Припливне повітря у необхідних випадках піддають спеціальній

обробці (очищенню, нагріванню, зволоженню і т.д.)

Зверніть увагу! Особливістю припливної вентиляції є те, що забруднене повітря не видаляється, а просто заміщується чистим.

Система *припливної механічної вентиляції* (рис. 4.2) складається з повітропиймального пристрою у вигляді каналу або шахти 1, фільтра для очищення повітря 2, повітрянагрівача 3, вентилятора 5, мережі повітропроводів 4 і припливних патрубків з насадками 6. Якщо немає необхідності в підігріві повітря, що подається, то його пропускають безпосередньо в цех по обвідному каналу 7.

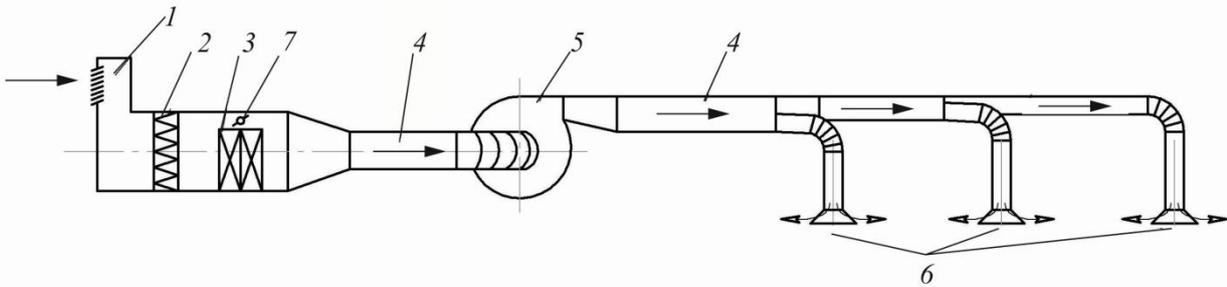


Рис. 4.2. Схема припливної вентиляції

Повітрозабірники необхідно розміщувати у місцях, де повітря не забруднене пилом або газами. Вони повинні знаходитися не нижче ніж 2 м від рівня землі, а від викидних шахт витяжної вентиляції по вертикалі – нижче ніж 6 м і по горизонталі – не ближче ніж 25 м.

Як правило, припливне повітря подається на робочі місця розсіяним потоком так, щоб швидкість його руху у зоні перебування людей не перевищувала 0,3...0,5 м/с. Для розподілу припливного повітря по цеху використовують різні припливні насадки або випускають його в приміщення безпосередньо з припливного повітропроводу через дрібні отвори чи щілини.

Витяжна вентиляція використовується для видалення з виробничого або житлового приміщення (цеху, корпусу) забрудненого чи нагрітого відпрацьованого повітря. У разі обладнання приміщень тільки витяжною системою вентиляції організовано проводиться видалення повітря з приміщень. Приплив здійснюється неорганізовано або через нещільності в будівельних конструкціях, або через отвори спеціально для цих цілей передбачені.

Витяжна вентиляція (рис. 4.3) складається з очисного пристрою 1, вентилятора 2, центрального 3 та відсмоктувальних повітропроводів 4.

На відміну від припливних систем вентиляції, в приміщеннях, що мають тільки витяжні системи, тиск установлюється нижче атмосферного або нижче, ніж у сусідніх приміщеннях.

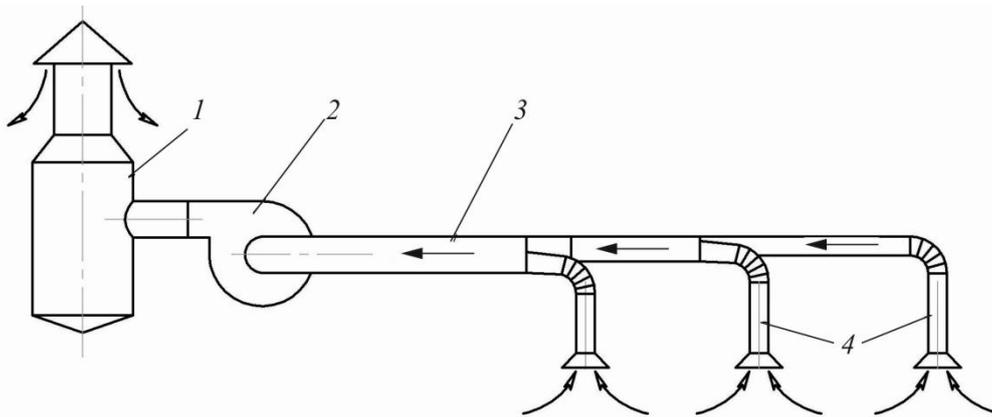


Рис. 4.3. Схема витяжної вентиляції

За наявності у приміщенні тільки витяжної системи вентиляції, так само як і в разі припливної вентиляції, відбувається перетікання повітря із зони підвищеного тиску в зону зниженого. Таким чином, виключається або утруднюється рух повітря у зворотному напрямку. Вентиляційними пристроями обладнуються найбільш «брудні» приміщення, коли потрібно запобігти або скоротити поширення з них повітря в сусідні приміщення.

Припливно-витяжна вентиляція будинку поєднує першу і другу і заснована на використанні зустрічних потоків повітря.

Найбільш широко поширена припливно-витяжна система вентиляції із загальним припливом у робочу зону та місцевою витяжкою шкідливих виділень безпосередньо від місць їх утворення. Ця система використовується в усіх виробничих приміщеннях, коли потрібно забезпечити заданий повітрообмін.

При цьому витяжка в усіх відділеннях і цехах, в яких виділяється велика кількість шкідливих газів, парів і пилу (наприклад, гальванічний, травильний, фарбувальне відділення, цехи глибокого і флексографічного друку), повинна бути на 10% більша, ніж приплив, щоб шкідливі речовини не витіснялись у суміжні приміщення.

У цехах і відділеннях, в яких немає особливо шкідливих виділень, витяжка повинна бути рівною притоку (або може бути на 5% менше припливу).

Припливно-витяжна вентиляція з рециркуляцією (рис. 4.4) відрізняється тим, що повітря, яке відсмоктується з приміщення витяжною системою, частково повертається у це приміщення через припливну систему, з'єднану з витяжкою спеціальним повітропроводом.

Регулювання кількості вторинного повітря проводиться клапаном 7. У результаті використання такої системи вентиляції досягається економія теплоти, що витрачається на нагрів повітря в холодну пору року.

Для рециркуляції допускається використовувати повітря приміщень, в яких відсутні виділення шкідливих речовин або речовин, що відносяться до 4-го класу небезпеки, причому концентрація цих речовин у повітрі, яке подається в приміщення, не перевищує 0,3 ГДК.

Крім того, застосування рециркуляції не допускається, якщо в повітрі приміщень містяться хвороботворні бактерії, віруси, є різко виражені запахи, а також пожежо- та вибухонебезпечні пари і гази.

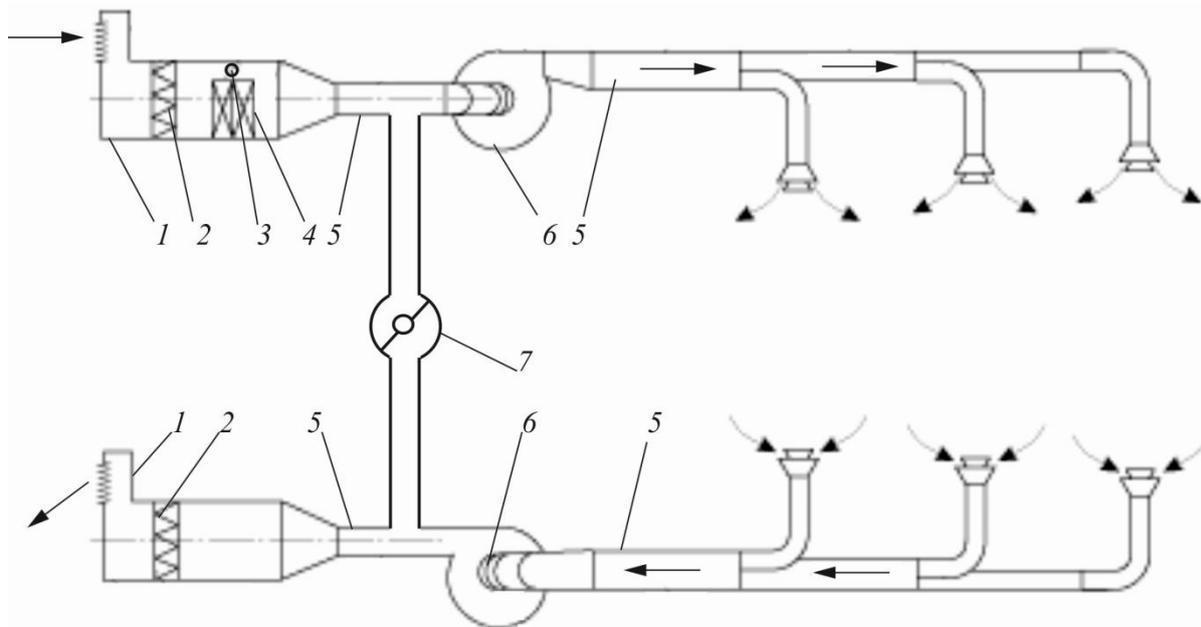


Рис. 4.4. Схема припливно-витяжної вентиляції з рециркуляцією

Повітря повинно викидатися на висоті не менше ніж 1 м над коником даху (або від стіни сусідньої, більш високої будівлі). Забороняється робити отвори для викиду повітря безпосередньо у вікнах.

Штучна (механічна) вентиляція дає можливість очищувати повітря перед його викидом в атмосферу, вловлюючи шкідливі речовини безпосередньо біля місць їх утворення, обробляти припливне повітря (очищувати, підігрівати, зволожувати тощо), більш цілеспрямовано подавати повітря в робочу зону. Крім того, механічна вентиляція дає можливість організувати повітрязабір у найбільш чистій зоні території підприємства і навіть за її межами.

Місцева – вилучає або розчиняє шкідливі виділення шляхом припливу чистого повітря безпосередньо у місцях їх утворення.

Місцева припливна вентиляція виконується у вигляді повітряних душів, повітряних та повітряно-теплових завіс.

Місцева витяжна вентиляція у вигляді місцевих відсмоктувачів.

Уловлювання та видалення шкідливих виділень від джерела виникнення попереджає поширення їх по приміщенню і перемішування з великими обсягами повітря.

Конструктивно місцеві відсмоктувачі виконуються у вигляді витяжних зонтів і всмоктувальних панелей (рис. 4.5), витяжних шаф, вторинних, фасонних і бортових відсмоктувачів.

Конструкція місцевого відсмоктування повинна забезпечувати максимальне уловлювання шкідливих виділень з мінімальною витратою повітря. У той же час вона не повинна захаращувати приміщення, заважати обслуговуючому персоналу працювати і спостерігати за технологічним процесом.

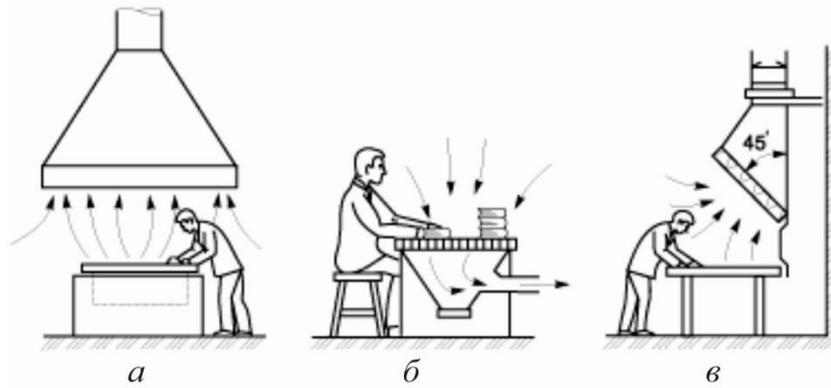


Рис. 4.5. Місцеві відсмоктувачі:
а – зонт; б – перекидний зонт; в – всмоктувальна панель

Основними факторами при виборі типу місцевого відсмоктування є характер шкідливого виділення (температура, щільність парів, токсичність), а також положення робітника при виконанні роботи. Якщо, наприклад, немає значних тепловиділень, а виділяються гази і пари, важчі за повітря, то прийомний отвір відсмоктувача повинний знаходитися у безпосередній близькості від джерела шкідливих виділень. У цьому випадку потрібно передбачати щілинний або бортовий відсмоктувач, а у витяжній шафі всмоктувальний отвір повинен розташовуватися знизу.

Комбінована – поєднує загальнообмінну та місцеву вентиляції.

Аварійну вентиляцію влаштовують у тих виробничих приміщеннях, у яких можуть статися аварії з виділенням значної кількості шкідливостей, а також коли при виході з ладу робочої вентиляції в повітрі можуть утворитись небезпечні для життя або вибухонебезпечні концентрації речовин.

Природна вентиляція відбувається внаслідок теплового та вітрового напорів (рис. 4.6). Тепловий напір обумовлений різницею температур, а отже, і густини внутрішнього і зовнішнього повітря. Вітровий напір обумовлений тим, що при обдуванні вітром будівлі з її навітряної сторони утворюється підвищений тиск, а підвітряної – розрідження.

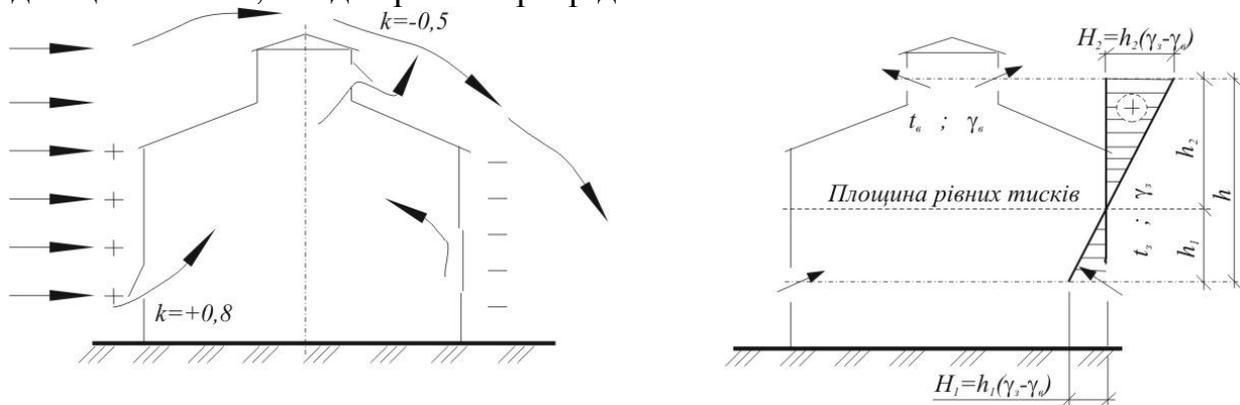


Рис. 4.6. Природна вентиляція

Природна вентиляція може бути:

- 1) *неорганізованою* (невідомі об'єми повітря, що потрапляють і видаляються з приміщення, а сам повітрообмін залежить від випадкових чинників –

напрянків та сили вітру, температури зовнішнього і внутрішнього повітря). До неорганізованої вентиляції відносять:

Ї інфільтрація – проникнення повітря через нещільності у вікнах і дверних прорізах, пори будівельних матеріалів, перекриття тощо;

Зверніть увагу! Найбільш повітропроникними є шлакоблокові, керамзитобетонні, цегляні і дерев'яні стіни. Найменш повітропроникними – гранітні і мармурові.

Ї провітрювання – здійснюється при відкриванні вікон, кватирок, фрамуг, вентиляційні канали.

2) *організованою (аерацією)* – у стінах будівлі роблять отвори для надходження зовнішнього повітря, а на даху чи у верхній частині будівлі встановлюють спеціальні пристрої для видалення відпрацьованого повітря. Для регулювання надходження та видалення повітря передбачається можливість перекидання на необхідну величину аераційних отворів і ліхтарів.

4.5. Механічні та електрофізичні засоби очищення повітря від пилу

Сучасний підхід до захисту від виробничого пилу вимагає не тільки створення умов у виробничих приміщеннях, але й зменшення викидів пилу в навколишнє середовище. Промислове очищення технологічних (аспіраційних) та вентиляційних викидів від завислих у них твердих або рідких часток, газів здійснюється у спеціальних апаратах і проводиться для зменшення забрудненості навколишнього середовища, уловлювання цінних продуктів чи видалення шкідливих домішок, які негативно впливають на подальшу обробку викидів та руйнують обладнання.

Універсальних пиловловлюючих пристроїв, прийнятних для різних видів пилу і для різних концентрацій, не існує. Кожний з цих приладів прийнятний для відповідного виду пилу початкової концентрації та необхідного ступеня очищення.

Важливим показником роботи знепилюючого обладнання є *коефіцієнт ступеня очищення повітря, %*,

$$k_{оч} = \frac{V_1 m_1 - V_2 m_2}{V_1 m_1} \cdot 100\% ,$$

де m_1 і m_2 – вміст пилу у повітрі до і після очищення, $мг/м^3$; V_1 і V_2 – об'єм повітря до і після очищення, $м^3$.

Очищення повітря від пилу може бути: грубим (розмір частинок більше 100 мкм), середнім (розмір частинок менше 100 мкм, а кінцева концентрація пилу не повинна перевищувати 100 $мг/м^3$), тонким (затримуються частинки розміром до 10 мкм, з кінцевим умістом пилу у повітрі припливних і рециркуляційних систем до 1 $мг/м^3$).

За способом очищення забрудненого повітря розрізняють апарати сухого та мокрого очищення. При цьому використовують різні методи: механічні (пиловловлювачі), фільтрування (через тканину та листові пористі матеріали; пористу пластмасу, кераміку та металокераміку; шари з волокон, стружки, зернистих матеріалів та ін.), фізичні (під дією електростатичних сил, енергії акустичних коливань), хімічні (розчинення, поглинання) та ін.

Класифікація пиловловлювачів наведена на рисунку 4.7.

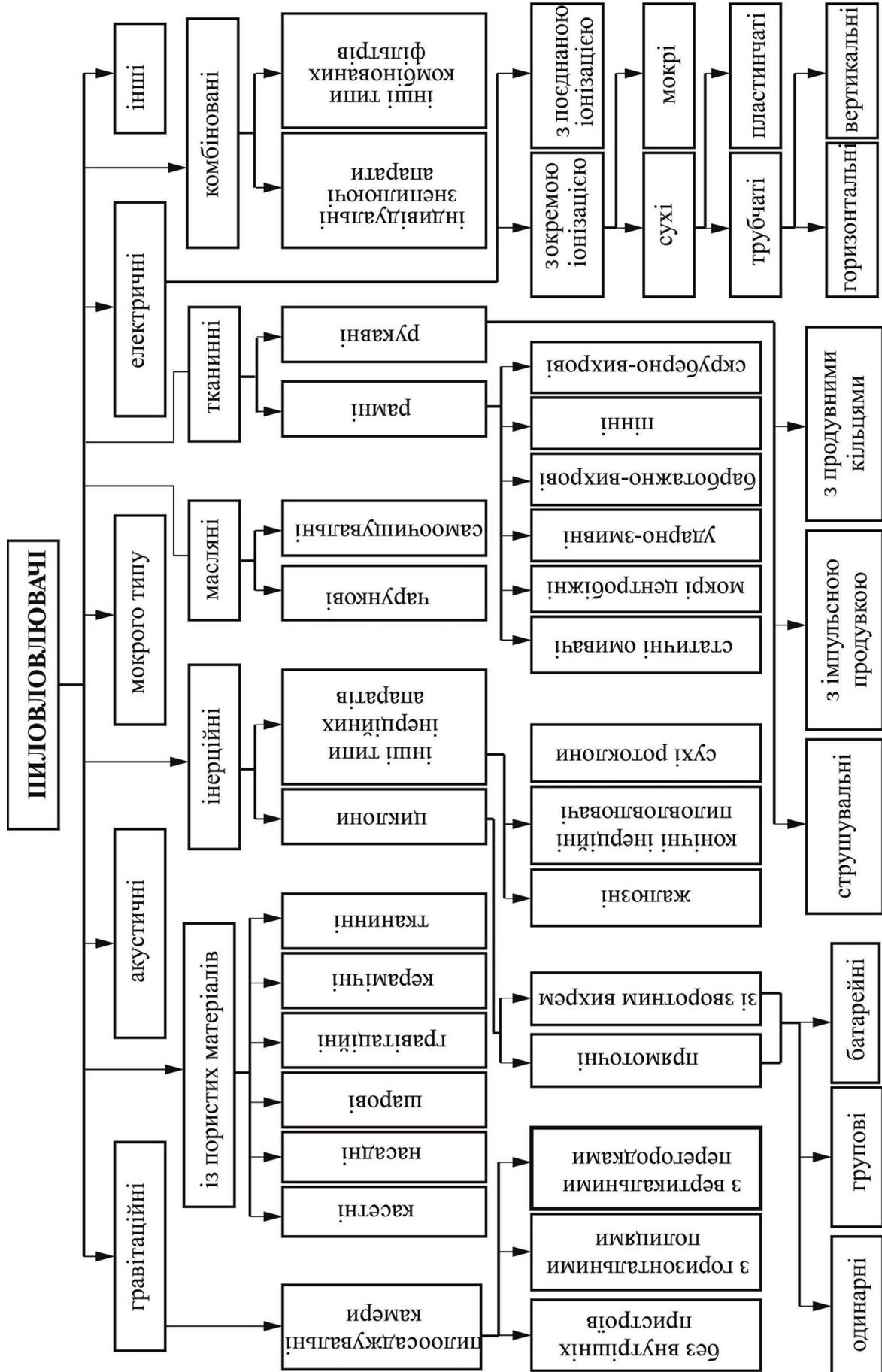


Рис. 4.7. Класифікація пиловловлювачів і фільтрів

Зверніть увагу! У більшості промислових газоочисних установок комбінуються кілька прийомів очищення від аерозолів. Вибір методу й апарата для знешкодження аерозолів у першу чергу залежить від дисперсного складу пилоповітряної суміші.

Пилоловлювачі – це пристрої, дія яких заснована на використанні для осадження частинок пилу сил тяжіння або інерційних сил, що відділяють пил від повітряного потоку при зменшенні його швидкості або напрямку руху.

Види пиловловлювачів:

- Ø циклони;
- Ø електрофільтри;
- Ø ультразвукові знепилювачі;
- Ø пилоосаджувачі (прямі і лабіринтні) – для осаджування крупного і важкого пилу з розмірами частинок більше 100 мкм ($V_{нов} @ 0,5 \text{ м/с}$).

Циклон дає ступінь очищення до 50% при розмірі часток пилу більше 10 мкм (при меншому розміру частинок необхідно використовувати циклони з водяною плівкою). Циклони найчастіше застосовують у промисловості для осадження твердих аерозолів. Циклони можна використовувати для очищення газу при високих температурах і тисках. Вони не мають рухомих частин, що підвищує надійність у експлуатації (див. рис. 4.8).

Принцип роботи циклону заснований на створенні обертального руху запиленого газу, в якому виникають відцентрові сили, що діють на частинки пилу у напрямку до стінок циклона. Запилене повітря надходить у циклон через патрубок 1, очищене – видаляється через вихлопну трубу 7 і равлик 8.

Газовий потік подається в циліндричну частина циклона 2 тангенціально, описує спіраль у напрямку до дна конічної частини 3 і потім спрямовується вгору через турбулізоване ядро потоку по осі циклону на вихід. Великі пилові частинки (більше ніж 100 мкм) під дією відцентрових сил рухаються під стінами корпусу, а дрібні частинки (менше ніж 10 мкм) – на деякій відстані від стінок.

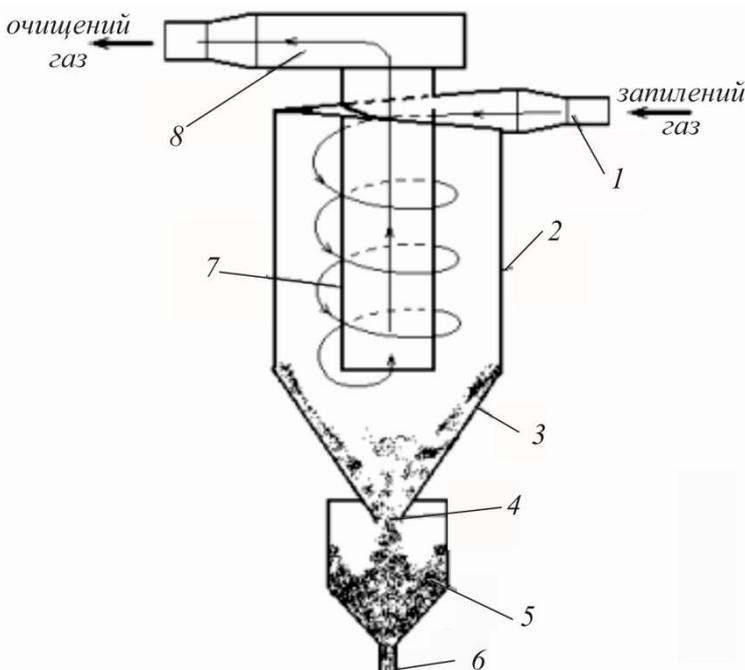


Рис. 4.8. Принципова схема циклона:

- 1 – вхідний патрубок; 2 – корпус циклона; 3 – конічна частина корпусу; 4 – отвір корпусу;
- 5 – мішок; 6 – отвір у бункері;
- 7 – вихлопна труба; 8 – равлик

Досягнувши рівня прорізів у стінах корпусу, великі пилові частинки з частиною повітря видаляються з корпусу через отвори 4 у мішок 5. Тут відбувається сепарація частинок, і вони виходять через патрубок 6. Дрібні пилові частки продовжують рух у складі повітряного потоку в корпусі циклона, а потім у пилозбірнику. Дрібні частинки спільно з великими залишають апарат через пиловипускний патрубок. Повітряний потік через вихлопну трубу виходить з апарата.

Електрофільтр дає ступінь очищення 90...95 % (див. рис. 4.9.)

Електрофільтри призначені для уловлювання пилу з розмірами часток до 0,1 мкм з повітря і газів різного хімічного складу, вологості і температури.

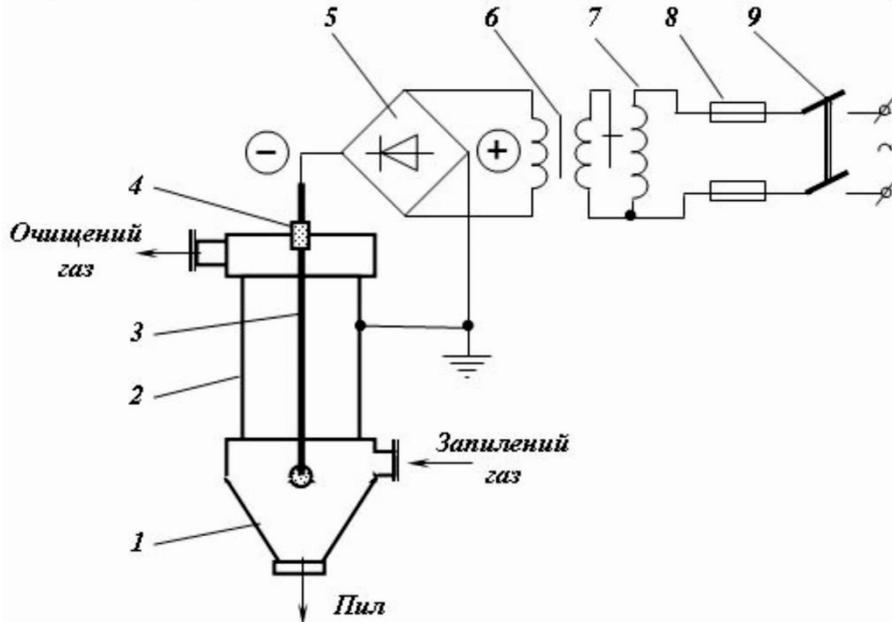


Рис. 4.9. Схема електричного фільтра:

1 – бункер; 2 – відсаджувальний електрод; 3 – коронувальний електрод; 4 – ізолятор; 5 – випрямляч; 6 – трансформатор; 7 – регулятор напруги; 8 – запобіжник; 9 – рубильник

Суть процесу електростатичного очищення газів ґрунтується на іонізації газу, тобто розщепленні його молекул на позитивно і негативно заряджені іони. Запилені гази пропускають через неоднорідне електричне поле, яке утворюється між осаджувальним 2 і коронувальним 3 електродами. До електрода, розташованого в ізоляторі 4, підводиться випрямлений електричний струм при напрузі 30 – 60 кВ. Осаджувальний електрод звичайно заземлюють і підключають до позитивного полюса випрямляча. Агрегат живлення складається з рубильника 9, запобіжників 8, регулятора напруги 7, перетворювача напруги 6 і випрямляча 5.

Процес уловлення пилу в електричному полі складається з таких підпроцесів: зарядження завислих у газі частинок; рух заряджених частинок до електродів; осадження частинок на електродах і видалення частинок з електродів.

Під час руху в запиленому газі чи тумані негативно заряджені іони заряджають пилінки, завдяки чому останні також починають рухатись до осаджувального електрода. При контакті з осаджувальним електродом

частинки пилу (туману) віддають йому свій заряд і скидаються з електрода під дією власної ваги або при струшуванні.

Акустичний пиловловлювач (англ. *sonic (acoustic) dust collector*) — технологічний апарат для очищення запиленого газу (повітря) шляхом осадження тонкодисперсного пилу в звуковому або ультразвуковому полі.

Дія акустичного пиловловлювача базується на здатності звукових хвиль залучати до коливань дрібні частинки пилу, збільшуючи число їх зіткнень між собою. Це призводить до інтенсифікації процесів коагуляції та агломерації (укрупнення) часток пилу і випадання їх з повітряного потоку.

Акустичне поле створюється зазвичай газоструминним генератором.

Відокремлення укрупнених частинок може здійснюватися в окремому пиловловлювачі, наприклад циклоні, послідовно сполученому з акустичним газоочисником.

Акустичне очищення газів проводять при частоті коливань $2...50$ кГц, інтенсивності звуку $0,1...0,3$ Вт/см² і тривалості перебування газу в акустичному полі $1...4$ с. Цей спосіб пиловловлення застосовується для тонкого очищення гарячих газів (до 550 °С), а також хімічно агресивних і вибухонебезпечних газів.

Акустичне пиловловлення ефективно при порівняно високій ($1...5$ г/м³ і більше) запиленості повітря, що очищається. При низькій запиленості ефект акустичної коагуляції є невисоким.

Гравітаційне осадження засноване на осадженні зважених часток під дією сили тяжіння при русі запиленого газу з малою швидкістю без зміни напрямку потоку. Процес проводять у *відстійних газоходах* і *пилоосаджувальних камерах*. Пилоосаджувальні камери є найпростішими пиловловлювальними пристроями. На рисунку 4.10 представлені основні типи пилоосаджувальних камер.

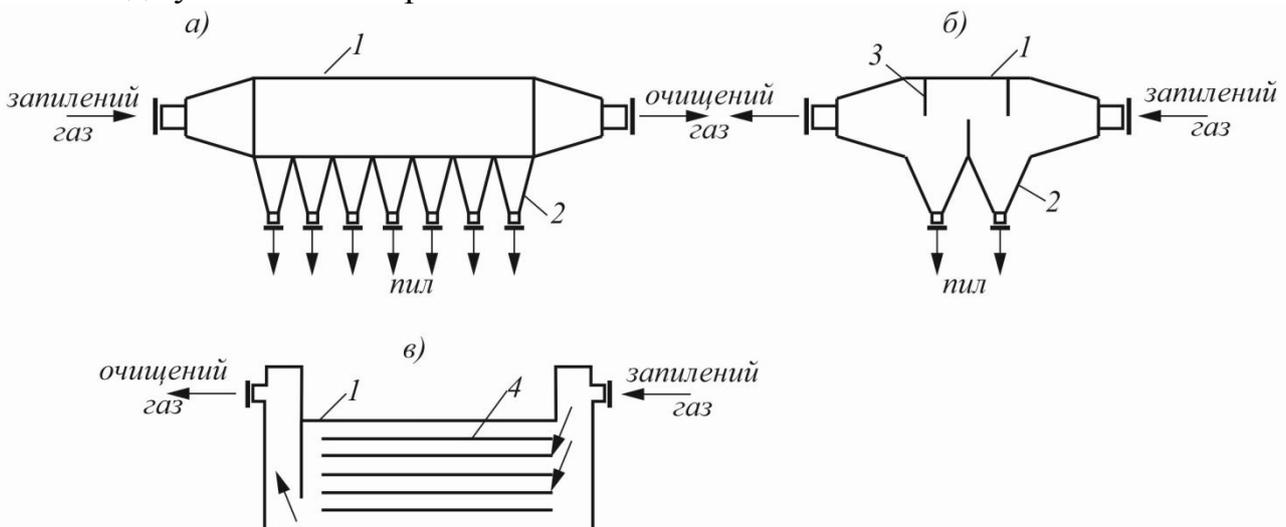


Рис. 4.10. Пилоосаджувальні камери:

a – найпростіша камера; *б* – камера з перегородками; *в* – багатополочна камера;

1 – корпус; *2* – бункери; *3* – перегородка; *4* – полиця

Для зменшення висоти осадження частинок в осаджувальних камерах встановлюють на відстані від 40 до 100 мм безліч горизонтальних полиць, які

розбивають газовий потік на плоскі струмені. Також для нормальної роботи пилоосаджувальної камери необхідно, щоб повітряний потік рівномірно рухався через камеру, з цієї причини на вході у камеру встановлюють решітки та інші пристрої для вирівнювання потоку повітря. Максимальна швидкість руху повітря через камеру зазвичай не повинна перевищувати 3 м/с .

Перевагою пилоосаджувальних камер є простота конструкції й умов експлуатації, довговічність. Камери можуть бути виготовлені з цегли, бетону та інших неметалевих матеріалів, стійких до корозії. Втрати тиску зазвичай не перевищують значень від 20 до 150 Па . Камери можуть застосовуватися лише для попередньої, грубої очистки газів від крупнодисперсного пилу (розміром не менше ніж 50 мкм) зі значною щільністю. Ступінь очищення повітря в основному не перевищує значень від 40 до 50% .

ТЕМА 5. ОСВІТЛЕННЯ ВИРОБНИЧИХ ПРИМІЩЕНЬ

План лекції

- 5.1. Освітлення та основні світлотехнічні характеристики.
- 5.2. Види та вимоги до виробничого освітлення.
- 5.3. Проектування систем виробничого освітлення.
- 5.4. Вимірювання та нормування освітлення.
- 5.5. Методи розрахунку освітлення.
- 5.6. Кольорове оформлення виробничих приміщень

5.1. Освітлення та основні світлотехнічні характеристики

Видиме світло – випромінювання електромагнітних хвиль довжиною від 380 до 760 нм ($1\text{ нм} = 10^{-9}\text{ м}$).

Видиме світло входить до *оптичної області* електромагнітного спектра, який обмежений довжиною хвиль від 10 нм до 500 мкм.

Зверніть увагу! До оптичної області електромагнітного спектра входить також *ультрафіолетове випромінювання* (довжина хвиль від 10 до 380 нм) та *інфрачервоне (теплове) випромінювання* (довжина хвиль від 760 до 500 мкм).

Світло певної довжини хвилі називають *монохроматичним*, біле світло – *поліхроматичним*.

Світло – один із суттєвих чинників виробничого середовища, завдяки якому забезпечується зоровий зв'язок працівника з його оточенням. Близько 90 % всієї інформації, що отримується людиною про навколишнє середовище, приходить на органи зору.

Зверніть увагу! Адаптоване до темряви око реагує приблизно на 7 квантів світла – у погожу зоряну ніч воно здатне бачити полум'я свічки за 48 км (БЖД № 7, 2003, с. 12).

Освітлення – це отримання, розподіл та використання світлової енергії для забезпечення нормальних умов праці.

Зверніть увагу! Недостатнє та нераціональне освітлення веде до стомлення очей, розладу центральної нервової системи, зниження розумової та фізичної працездатності, а у ряді випадків може бути причиною травматизму.

NON MULTA, SED MULTUM

При підвищенні освітленості від 100 до 1000 лк спостерігається підвищення продуктивності праці під час робіт середньої важкості на 5...6%, при дуже важкій зоровій роботі – на 15%, а при роботі на межі зорового сприйняття – на 40%, при цьому кількість бракованих деталей при контролі готової продукції зменшується з 17,5 до 2,5%, а кількість нещасних випадків знижується на 30%.

Уважають, що 5% травм можуть спричинюватись такою професійною хворобою, як робоча міокопія (короткозорість).

При недостатній чи швидко змінюваній освітленості **органам зору** доводиться **приспосовуватись**, це можливо завдяки властивостям очей – *акомодації, адаптації та конвергенції*.

✓ **Акомодація** – це здатність очей приспосовуватись до чіткого бачення

предметів, що знаходяться від них на різних відстанях.

Зверніть увагу! Це відбувається при зміні фокусної відстані хрусталика за рахунок напруги акомодацийних мускул. Якщо такі зміни відстані будуть відбуватись часто, то це може призвести до зміни форми яблука ока.

✓ **Адаптація** – це звикання очей до визначеного рівня освітленості при зміні умов освітлення.

Зверніть увагу! Відбувається це за рахунок зміни отвору у райдужній оболонці очей, тобто за рахунок напруги райдужних мускул.

✓ **Конвергенція** – здатність очей при розгляді близьких предметів приймати положення, при якому зорові осі обох очей пересікаються на сфокусованому предметі.

Для створення **оптимальних умов зорової роботи** слід кількість та якість освітлення пов'язувати з кольоровим оточенням.

NON MULTA, SED MULTUM

Колір – це властивість світла викликати певні зорові відчуття відповідно до спектрального складу електромагнітного випромінювання.

Електромагнітні хвилі з різною довжиною хвилі збуджують різні світлові відчуття, тобто **колір** – це відчуття, результат фізіологічної дії випромінювання, яке падає на сітчатку ока.

Механізм кольорового зору досі не встановлений остаточно. Методи вимірювання і кількісного визначення кольору вивчає **колориметрія** (від лат. *color* – колір та грецьк. *metreo* – вимірюю). Колориметрія виходить із припущення, що змішуванням трьох кольорів можна отримати будь-який колір. Такі кольори називаються основними, при цьому вони мають бути незалежними, тобто два з них, змішуючись, не повинні давати третій. Кількість можливих основних кольорів є нескінченно великою. Найчастіше основними кольорами є червоний (Ч), зелений (З) і синій(С).

С+З+Ч – будь-який інший колір.

Якщо основні кольори позначити через X, Y, Z, то будь-який інший колір T є їхньою сумою з певними коефіцієнтами x, y, z:

$$T = xX + yY + zZ.$$

Увівши осі координат X, Y, Z, можна отриманий колір T зобразити точкою з координатою (x, y, z) у тривимірному просторі. У такому випадку кажуть, що колірний зір має три виміри. Ця тривимірність кольорового зору широко використовується у кольоровій фотографії та на телебаченні.

Око людини розрізняє 7 основних кольорів (червоний, оранжевий, жовтий, зелений, голубий, синій, фіолетовий) і 200 – 400 їх відтінків. Для розрізнення кольорів візуально порівнюють два сусідні зафарбовані поля зору. Якщо око перестає розрізняти межу між цими двома полями, то обидва кольори вважають однаковими. Для співставлення і точного визначення кольорів спеціалісти у галузі колориметрії (колористи) користуються спеціальними альбомами кольорів, де містяться сотні пронумерованих відтінків.

Будь-який колір визначається **трьома фізичними поняттями**: *тоном, насиченістю і світлотою (або яркістю)*.

Тон характеризується домінуючою довжиною хвилі.

Однозначного зв'язку між довжиною видимого світла і кольором немає. Сприйняття кольору є суб'єктивним. Видиме світло (біле) є складовою цілого ряду кольорів, які залежать від довжини хвиль: фіолетовий – 380...450 нм; синій – 450...480 нм; голубий – 480...510 нм; зелений – 510...575 нм; жовтий – 575...585 нм; оранжевий – 585...620 нм; червоний – 620...760 нм.

Під **насиченістю** розуміють ступінь розбавлення певного кольору білим. Чим більше розбавлення кольору білим, тим менш насиченим він стає.

Яркість характеризує кількість світла, яке відбивається пофарбованою поверхнею.

Якщо інтер'єр зафарбований у темні кольори, то для створення гарної освітленості необхідно використовувати більш потужні джерела світла, оскільки темні поверхні поглинають значну частину світлового потоку та створюють контрастні світлотіні, що втомлюють очі. Причиною втомлюваності може бути також надмірна блискучість поверхней оточуючих конструкцій. Блискучі поверхні створюють світлові блики, які викликають тимчасове осліплення. Нерівномірність освітлення та різна блискучість оточуючих предметів приводить до частоті переадаптації очей під час роботи, внаслідок цього – швидке втомлення органів зору. Тому добре освітлені поверхні, що знаходяться в колі зору, краще зафарбовувати у кольори середньої освітленості.

Залежно від спектрального складу світлових потоків, випромінюваних джерелами світла, по-різному сприймаються кольори поверхней оточуючих предметів. Тому при створенні комфортного кольорового клімату у виробничих приміщеннях поряд з правильним кольоровим рішенням велике значення має вибір найбільш раціональних джерел світла.



Людина може бути неспроможною розрізнити кольори, головним чином червоний і зелений. Ця вада зору називається **дальтонізмом** на честь видатного англійського фізика і хіміка Джона Дальтона (6 вересня 1766 р. — 27 липня 1844 р.), який у 1794 р. першим описав цей дефект зору, на який страждав і сам. Розрізняють **дейтеранопію** (від грецьк. deuterios – другий, an – заперечна частка, ops – око), вроджену часткову кольорову сліпоту, при якій відсутнє сприйняття зеленого кольору, **протанопію**, вроджену часткову кольорову сліпоту, при якій відсутнє сприйняття червоного кольору, та **трипанопію**, вроджену часткову кольорову сліпоту, при якій відсутнє сприйняття синього

(фіолетового) кольору.

Перевірка на сприйняття кольорів є одним із тестів при доборі кадрів (наприклад, водіїв автотранспорту).

Необхідний **рівень освітленості** визначається передусім *точністю виконуваної роботи і ступенем небезпеки травматизму*.

Зверніть увагу! Для характеристики точності виконуваної роботи використовується поняття об'єкта розпізнання. **Об'єкт розпізнання** – предмет, який розглядається, або окрема його частина чи дефект, котрий треба розрізнити у процесі роботи.

Для **характеристики освітлення** використовують ряд *світлотехнічних величин*.

Світлотехнічні величини – показники, що визначають виробниче освітлення, основане на оцінюванні відчуттів, котрі виникають під впливом світлового випромінювання на очі.

Освітлення виробничих приміщень характеризується **кількісними й якісними показниками**.

До основних **кількісних** показників належать такі.

✓ **Світловий потік джерела світла F** , вимірюється в люменах [лм], – *потужність* світлового видимого випромінювання, що оцінюється оком людини за світловим відчуттям, *визначає* загальну кількість світлової енергії W , що випромінює тіло за одиницю часу t у вибраному напрямку.

$$\Phi = W/t, \text{ лм.}$$

1 люмен – світловий потік від еталонного джерела світла в одну канделу, розташованого у вершині тілесного кута в один стерadian.

Стерadian – тілесний кут з вершиною у центрі сфери, який вирізує на її поверхні ділянку площею, що дорівнює квадрату радіуса сфери, тобто $w=S/R^2$.

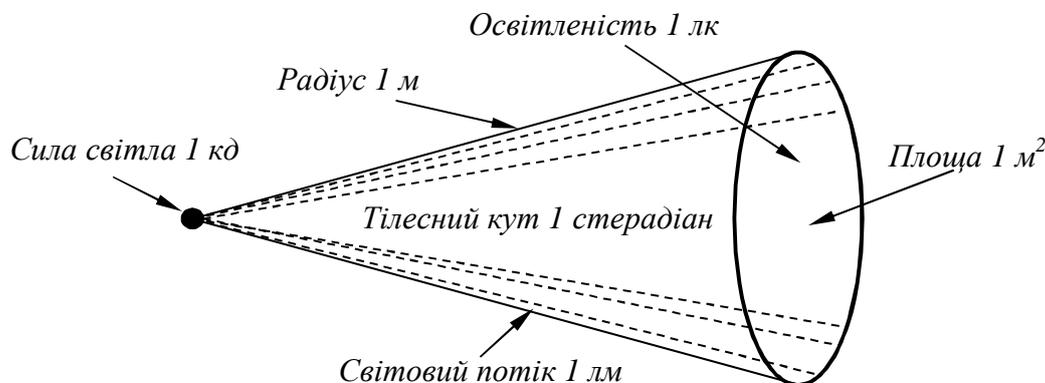


Рис. 5.1. Схема взаємозв'язку основних світлотехнічних одиниць і величин

Зверніть увагу! Світловий потік визначається не тільки як фізична величина, а й як фізіологічна, оскільки вимірювання її засновано на зоровому сприйманні.

✓ **Сила світла I** , вимірюється в *канделах* [кд], дорівнює світловому потоку від джерела світла, що рівномірно розподіляється в тілесному куті w [ср].

$$I = \Phi / w, \text{ кд.}$$

Кандела – сила світла точкового джерела, що випромінює світловий потік в 1 лм, який рівномірно розподіляється всередині тілесного кута в 1 стерadian.

Зверніть увагу! Сила світла – це *просторова щільність* світлового потоку, яка характеризує нерівномірність поширення світлового потоку у просторі.

✓ **Освітленість поверхні E** , вимірюється в *люксах* [лк], – *поверхнева щільність* світлового потоку, що дорівнює відношенню світлового потоку Φ до площі поверхні S , на яку падає цей потік,

$$E = \Phi / S, \text{ лк.}$$

1 люкс – рівень освітленості поверхні в 1 м^2 , на яку падає, рівномірно розподіляючись, світловий потік в 1 лм.

Наприклад, освітленість поверхні у повний місяць – $0,2 \dots 0,3 \text{ лк}$, білої ночі – $2 \dots 3 \text{ лк}$, опівдні (літо) – $68000 \dots 99000 \text{ лк}$.

Зверніть увагу! 1. Освітленість поверхні може визначатися також через силу світла. Для точкового джерела буде

$$E = \frac{I \cos \alpha}{r^2},$$

де I – сила світла точкового джерела, кд; α – кут падіння променя (кут між променем і перпендикуляром до поверхні в точці падіння променя); r – відстань від джерела світла до точки на світловій поверхні, м.

2. Якщо поверхня освітлюється кількома джерелами світла, то повна її освітленість E дорівнює сумі освітленостей, створених цими джерелами:

$$E = E_1 + E_2 + \dots + E_n = \sum_{i=1}^n E_i.$$

✓ **Яскравість джерела світла B** , вимірюється в канделах на квадратний метр ($\text{кд}/\text{м}^2 = \text{нит} [\text{нт}]$), – *поверхнева густина сили світла*, що дорівнює відношенню сили світла у заданому напрямку до площі поверхні, перпендикулярній напрямленню променів,

$$B = \frac{I}{S \cos j} = \frac{\Phi}{\omega S \cos j},$$

де j – кут між перпендикуляром до поверхні та напрямком, для якого визначається яскравість.

Зверніть увагу! Яскравість люмінесцентних ламп – $5 \cdot 10^3 \dots 10^5 \text{ кд}/\text{м}^2$, лампи розжарювання – $5,5 \cdot 10^6 \text{ кд}/\text{м}^2$. Око людини спроможне функціонувати у діапазоні $10^6 \dots 10^4 \text{ кд}/\text{м}^2$. Осліплююча яскравість залежить від розміру поверхні, яка світиться, яскравості сигналу та рівня адаптації зору і має розбіжність $64 \dots 15,9 \cdot 10^4 \text{ кд}/\text{м}^2$. Для ефективного бачення об'єкта фонова яскравість повинна знаходитися у діапазоні $10 \dots 500 \text{ кд}/\text{м}^2$.

До **якісних** показників зорових умов роботи відносять такі.

✓ **Фон** – поверхня, що безпосередньо прилягає до об'єкта розпізнання, на якій він розглядається.

Зверніть увагу! Фон характеризується *коефіцієнтом відбиття* поверхні r , % (альbedo), який являє собою відношення відбитого і падаючого світлових потоків. Фон вважається **світлим** при $r > 0,4$, **середнім** – при $r = 0,4 \dots 0,2$ і **темним**, якщо $r < 0,2$.

Наприклад, коефіцієнт відбиття білої поверхні становить $0,8 \dots 0,75$; світло-синьої – $0,55$; коричневої – $0,23$; чорної – $0,1 \dots 0,07$.

NON MULTA, SED MULTUM

Коефіцієнт *відбиття* r , *пропускання* t та *поглинання* b поверхонь вимірюються у процентах або частках одиниці ($r + t + b = 1$): $r = \Phi_r / \Phi$; $t = \Phi_t / \Phi$; $b = \Phi_b / \Phi$, де Φ – світловий потік, що падає на поверхню, лм; Φ_r , Φ_t , Φ_b – відповідно відбитий, поглинутий та той, що пройшов через поверхню, світлові потоки.

Середній коефіцієнт відбиття внутрішніх поверхонь визначається за формулою

$$r_{\text{ср}} = \frac{r_1 S_1 + r_2 S_2 + r_3 S_3}{S_1 + S_2 + S_3},$$

де r_1, r_2, r_3 – коефіцієнти відбиття від стін, стелі і підлоги; S_1, S_2, S_3 – відповідні площі стелі, стін і підлоги.

✓ **Контраст між об'єктом і фоном k** , характеризується співвідношенням яскравостей об'єкта розпізнання та фону

$$k = (B_0 - B_\phi) / B_\phi,$$

де B_0 та B_ϕ – відповідно яскравості об'єкта і фону, нт.

Зверніть увагу! Контраст вважається **великим** при $k > 0,5$, **середнім** – при $k = 0,5 \dots 0,2$ та **малим** при $k < 0,2$.

✓ **Видимість v** , характеризує здатність ока сприймати об'єкт. Видимість залежить від освітленості, розміру об'єкта розпізнання, його яскравості, контрасту між об'єктом і фоном, тривалості експозиції

$$v = k / k_{\text{пор}},$$

де k – контраст між об'єктом і фоном; $k_{\text{пор}}$ – пороговий контраст, тобто найменший контраст, що розпізнається оком за заданих умов.

Зверніть увагу! Для нормального зорового сприйняття v повинна бути $10 \dots 15$.

NON MULTA, SED MULTUM

Час зберігання зорового відчуття – 0,2...0,3 с. Сприйняття мерехтливого світла має специфічні особливості. Серія світлових імпульсів сприймається як безупинний сигнал, якщо інтервали між імпульсами дорівнюють часу інерції зору. Критична частота мерехтіння дорівнює 15...70 Гц. Таким чином, для забезпечення стабільного зображення (наприклад, монітор) частота регенерації сигналу повинна бути не нижчою ніж 70 Гц.

5.2. Види та вимоги до виробничого освітлення

Виробниче освітлення залежно від джерела світла може бути: *природним, штучним та суміщеним.*

Ø **Природне освітлення** обумовлено прямими сонячними променями та розсіяним світлом неба.

Ø **Штучне освітлення** створюється штучними джерелами світла: лампами розжарювання або газорозрядними лампами.

Ø **Суміщене освітлення** являє собою доповнення природного освітлення штучним у світлий час доби при недостатньому за нормами природньому освітленню.

Природне освітлення підрозділяється:

- Ø на *бокове* (одностороннє або двостороннє) – через світлові прорізи у зовнішніх стінах;
- Ø на *верхнє* – через ліхтарі та світлові прорізи у покритті, а також через прорізи у місцях перепаду висот будинку;
- Ø на *комбіноване* – освітлення, що сполучає бокове та верхнє природне освітлення.

Зверніть увагу! У приміщеннях із постійним перебуванням людей повинно бути передбачено природне освітлення.

NON MULTA, SED MULTUM

Природне освітлення має свої переваги і недоліки. До *переваг* можна віднести: сприятливий вплив на органи зору; стимуляцію фізіологічних процесів в організмі (підвищує обмін речовин та покращує розвиток організму в цілому); зігріває і знезаражує повітря (має бактерицидну дію); сприятливо впливає на психологічний стан людини. **Недоліком** природного освітлення є: непостійність протягом доби та року, в різну погоду; нерівномірність розподілу по площині виробничого приміщення; при незадовільній його організації може викликати засліплення органів зору тощо.

На **рівень освітленості** приміщення при природному освітленні *впливають* наступні чинники:

- Ø світловий клімат;
- Ø площа та орієнтація світових прорізів;
- Ø ступінь чистоти скла у світлових прорізах;
- Ø пофарбування стін та стелі приміщення;
- Ø глибина приміщення;
- Ø наявність предметів, що заступають віконні прорізи як ізсередини, так і ззовні.

Оскільки природне освітлення непостійне у часі, кількісне оцінювання цього виду освітлення проводиться за відносним показником – *коефіцієнтом*

природного освітлення (КПО).

Коефіцієнт природного освітлення ($e_{\text{КПО}}$) – відношення природної освітленості, що створюється у деякій точці заданої площини всередині приміщення світлом неба (безпосереднім або після відбиття), до одночасного значення зовнішньої горизонтальної освітленості, яка створюється світлом повністю відкритого небосхилу при дифузному світлі небосхилу, %:

$$e_{\text{КПО}} = \frac{E_{\text{вн.}}}{E_{\text{зовн.}}} \cdot 100\%,$$

де $E_{\text{вн.}}$ – освітленість у заданій точці всередині приміщення, що створюється безпосереднім чи відбитим світлом неба, лк; $E_{\text{зовн.}}$ – освітленість горизонтальної поверхні, що створюється в той самий час ззовні світлом повністю відкритого небосхилу при дифузному світлі небосхилу, лк.

Штучне освітлення може бути загальним, місцевим і комбінованим.

Ø **Загальне освітлення** передбачає розміщення світильників у верхній зоні приміщення (не нижче 2,5 м над підлогою) для здійснювання загального рівномірного або загального локалізованого освітлення (з урахуванням розтушування обладнання та робочих місць).

Ø **Місцеве освітлення** створюється світильниками, що концентрують світловий потік безпосередньо на робочих місцях.

Зверніть увагу! Лише місцеве освітлення у виробничих приміщеннях заборонене.

Ø **Комбіноване освітлення** складається із загального та місцевого.

Зверніть увагу! *Комбіноване освітлення* доцільно застосовувати при роботах високої точності, а також, якщо необхідно створити певний або змінний у процесі роботи напрямок світла.

За **функціональним призначенням** штучне освітлення буває:

✓ **робоче** – призначене для забезпечення виробничого процесу, переміщення людей, руху транспорту і є обов'язковим для всіх виробничих приміщень;

✓ **аварійне** – використовується для продовження роботи у випадках, коли раптове вимикання освітлення та пов'язане з ним порушення нормального обслуговування обладнання може викликати вибух, пожежу, отруєння людей, порушення технологічного процесу і т.д.;

Зверніть увагу! Мінімальна освітленість робочих поверхонь при аварійному освітленні повинна складати 5% від нормальної освітленості, але не менше 2 лк на робочих поверхнях виробничих приміщень і не менше 1 лк на території підприємства.

✓ **евакуаційне** – призначене для забезпечення евакуації людей з приміщень при аварійному вимиканні робочого освітлення;

Евакуаційне освітлення влаштовують:

Û у місцях, небезпечних для проходження людей;

Û у приміщеннях допоміжних будівель, де можуть одночасно знаходитися більше 100 чоловік;

Û на сходових клітках;

Û у виробничих приміщеннях, в яких працює більше 50 чол.

Зверніть увагу! Мінімальна освітленість на підлозі основних проходів та на сходах при евакуаційному освітленні повинна бути не менше 0,5 лк, а на відкритих майданчиках – не менше 0,2 лк.

✓ **охоронне** – влаштовується вздовж території, яка охороняється в нічний час і має забезпечувати освітленість 0,5 лк на рівні землі;

✓ **чергове** – передбачається у неробочий час, при цьому, як правило, використовують частину світильників інших видів штучного освітлення;

✓ **сигнальне** – для фіксації границь небезпечних зон, указує на наявність небезпеки або безпечний шлях;

✓ **бактерицидне** – використовується для знезараження повітря, питної води, продуктів харчування;

Зверніть увагу! Бактерицидне освітлення створюється для знезараження повітря, питної води, продуктів харчування. Найбільшу бактерицидну дію справляють ультрафіолетові промені з довжиною хвилі $\lambda = 0,254 - 0,257$ мкм.

✓ **еритемне** – влаштовується у виробничих приміщеннях, де недостатньо сонячного світла.

Зверніть увагу! Максимальний еритемний вплив мають електромагнітні промені з довжиною хвилі $\lambda = 0,2971$ мкм.

Як джерела штучного освітлення широко використовуються лампи розжарювання та газорозрядні лампи.

NON MULTA, SED MULTUM

Важливими параметрами електричних джерел є випромінювання, їх електричний режим і конструктивні особливості.

Випромінювання електричних джерел світла характеризується світловим потоком, силою світла (силою випромінювання), енергетичною (світловою) яскравістю, розподілом випромінювання по спектру, а також зміною цих величин залежно від часу роботи на змінному струмі. Для характеристики кольору випромінювання освітлювальних ламп додатково вводять кольорові параметри.

Електричний режим характеризується потужністю лампи, робочою напругою на лампі, напругою живлення, силою струму і типом струму (постійний, змінний з певною частотою тощо).

До конструктивних параметрів ламп належать габарити, приєднувальні розміри, висота світлового центра, розміри випромінюючого світла, форма колби, її оптичні властивості (прозора, матована, дзеркалізована), конструкції вводу та ін.

До експлуатаційних параметрів належать ефективність, надійність, економічність тощо.

Ефективність джерела світла визначається як енергетичним ККД перетворення енергії в оптичне випромінювання, так і ефективним ККД лампи, що становить частку оптичного випромінювання, яка перетворюється в ефективну енергію приймача (людське око).

Надійність джерела оптичного випромінювання визначається повним терміном експлуатації або тривалістю горіння та корисним строком служби, тобто часом економічно доцільної експлуатації лампи. Здебільшого цією характеристикою є час, упродовж якого світловий потік, випромінюваний лампою, змінюється не більше ніж на 20 %.

Економічність джерел світла масового використання характеризує вартість їхньої експлуатації, віднесена до одного люмен-часу.

Лампи розжарювання належать до теплових джерел світла. Під дією електричного струму нитка розжарювання (вольфрамівий дріт) нагрівається до високої температури і випромінює потік теплової енергії.

Лампи розжарювання бувають: В – вакуумна; Г – газова моноспіральна (аргонова); Б – біспіральна (аргонова); БК – біспіральна криптонова.

Приклад кодування: В 125 – 135 – 25 (125 – 135 – діапазон напруг, В; 25 – номінальна потужність, Вт).

NON MULTA, SED MULTUM

Перевагами ламп розжарювання є простота їх установа. Вони вмикаються в мережу без додаткових пускових пристроїв і можуть працювати при значних відхиленнях напруги в мережі. Ці лампи безвідмовно працюють у складних умовах, а світловий потік у них до кінця терміну служби знижується до незначних розмірів – близько 15 %.

До *недоліків* ламп розжарювання слід віднести нетривалий строк служби – близько 2,5 тис. год і невисоку світловіддачу (до 40 лм/Вт), а також те, що спектр ламп розжарювання, в якому переважають жовтий та червоний кольори, значно відрізняється від природного (сонячного) спектра, що зумовлює викривлення кольоропередачі та не дає змоги використовувати ці лампи для освітлення під час робіт, де необхідно розрізняти відтінки кольорів.

Газорозрядні лампи внаслідок електричного розряду в середовищі інертних газів і парів металу та явища люмінесценції випромінюють світло оптичного діапазону спектра.

Газорозрядні лампи бувають *низького і високого тиску*.

Ø *Низького* – люмінесцентні лампи (ЛД – денного світла; ЛДП – денного світла з покращеною передачею кольорів; ЛХБ – холодного білого, ЛТБ – теплого білого, ЛБ – білого та ЛЖ – жовтого кольорів).

Ø *Високого тиску* (МГЛ – металогалогенні, ДРЛ – дугові ртутні, ДнаТ – натрієві).

NON MULTA, SED MULTUM

Перевага газорозрядних ламп над лампами розжарювання полягає в тому, що вони мають підвищену світлову віддачу (до 40...110 лм/Вт) і великий строк служби (8...12 тис. год.), а крім того спектр їхнього випромінювання близький до природного денного світла.

Однак газорозрядні лампи мають і *недоліки*. Це передусім миготлива пульсація, що заважає зоровій роботі, а також потреба в установленні додаткової апаратури для стабілізації світлового потоку. Для включення розрядних ламп використовують спеціальні пристрої (пускачі). Встановлено, що ці лампи створюють радіоперешкоди, для усунення яких використовують спеціальні фільтри. Усе це підвищує затрати під час монтажу освітлювальної мережі.

Слід зауважити, що джерела світла розміщуються в *спеціальній освітлювальній арматурі*, головною функцією якої є перерозподіл світлового потоку лампи з метою підвищення ефективності освітлювальної установки.

Комплекс, який складається із джерела світла й освітлювальної арматури, називають **світильником** або **освітлювальним пристроєм**.

Зверніть увагу! Світильник забезпечує кріплення лампи, подачу до неї електричної енергії, запобігання забрудненню, механічному пошкодженню, а також вибухову і пожежобезпеку та електробезпеку.

Вимоги до виробничого освітлення:

? створювати на робочій поверхні освітленість, що відповідає характеру зорової роботи і не є нижчою за встановлені норми;

? забезпечити достатню рівномірність та постійність рівня

освітленості у виробничих приміщеннях, щоб уникнути частоті переадаптації органів зору;

? не створювати засліплювальної дії як від самих джерел освітлення, так і від інших предметів, що знаходяться в полі зору;

? не створювати на робочій поверхні різких та глибоких тіней (особливо рухомих);

? повинен бути достатній для розрізнення деталей контраст поверхонь, що освітлюються;

? не створювати небезпечних та шкідливих чинників (шум, теплові випромінювання, небезпека ураження струмом, пожежо- та вибухонебезпеки світильників);

? повинно бути надійним і простим в експлуатації, економічним та естетичним.

5.3. Проектування систем виробничого освітлення

При **проектуванні** освітлювальних установок необхідно, дотримуючись норм та правил освітлення, визначити потребу в освітлювальних пристроях, установчих матеріалах і конструкціях, а також в електричній енергії.

Проект, як правило, складається з *чотирьох частин*: світлотехнічної, електричної, конструктивної та кошторисно-фінансової.

Світлотехнічна частина передбачає виконання таких робіт:

✓ *знайомство з об'єктом проектування*, яке полягає в оцінюванні характеру й точності зорової роботи на кожному робочому місці;

Зверніть увагу! При цьому обов'язково треба встановити роль зору у виробничому процесі, мінімальні розміри об'єктів розрізнювання та відстань від них до очей працюючого; визначити коефіцієнт відбиття робочих поверхонь і об'єктів розрізнення, розташування робочих поверхонь у просторі, бажану спрямованість світла, наявність об'єктів розрізнювання, що рухаються, можливість збільшення контрасту об'єкта з фоном, можливість виникнення травматично небезпечних ситуацій тощо.

✓ *вибір системи освітлення*, який визначається вимогами до якості освітлення та економічності установки освітлення;

✓ *вибір джерела світла*, що визначається вимогами до спектрального складу випромінювання, питомою світловою віддачею, одиничною потужністю ламп, а також пульсацією світлового потоку;

✓ *визначення норм освітленості* та інших нормативних параметрів освітлення для певного виду робіт відповідно до точності робіт, системи освітлення та вибраного джерела світла;

✓ *вибір приладу освітлення*, що регламентується його конструктивним виконанням за умовами середовища, кривою світлорозподілу, коефіцієнтом корисної дії та величиною блиску;

✓ *вибір висоти підвісу світильників* здійснюється, як правило, сумісно з вибором варіанта їх розташування і визначається в основному найвигіднішим відношенням $L:h$ (відстань між світильниками до розрахункової висоти підвісу), а також умовами засліплення.

Зверніть увагу! Залежно від кривої світлорозподілу (типу світильника) відношення $L:h$ прийнято від 0,9 до 2,0.

Після визначення основних параметрів освітлювальної установки (нормованої освітленості, системи освітлення, типу освітлювальних приладів та схеми їх розташування) переходять до *світлотехнічних розрахунків*.

5.4. Вимірювання та нормування освітлення

Для **вимірювання** світлотехнічних величин застосовують люксметри, фотометри, вимірювачі видимості тощо.

У виробничих умовах для *контролю освітленості* робочих місць та загальної освітленості приміщень використовують люксметри типу Ю-116, Ю-117, універсальний портативний цифровий люксметр – яскравомір ТЭС 0693, фотометр типу 1105 фірми «Брюль і К'єр».

Зверніть увагу! Люксметри використовують для контролю і вимірювання освітленості, яка створюється різними джерелами світла. Принцип дії люксметрів базується на явищі фотоелектричного ефекту (перетворення світлової енергії в електричну), який має місце при потраплянні світла на поверхню фотоелемента, що включений у замкнений ланцюг з електровимірювальним приладом.



Рис. 5.2. Люксметр LX1010B, Ю-117, Ю-116, AR823

Зверніть увагу! Робота цих приладів базується на явищі фотоелектричного ефекту – перетворення світлової енергії в електричну.

Нормування освітлення здійснюється відповідно до ДБН В.2.5-28-2006 «Інженерне обладнання будинків і споруд. Природне і штучне освітлення».

Мінімальні значення освітленості залежать від:

- 1) категорії зорової роботи (від найвищої точності до загального нагляду);
- 2) розряду та підрозряду зорової роботи (від I до VIII і від а до г);
- 3) розміру об'єктів розрізнення (0,15 мм і більше);
- 4) контрастності об'єктів розпізнання і фону (малий, середній, великий);
- 5) характеристики фону (темний, середній, світлий).

На *рівень штучного освітлення* можна досить просто впливати, тому штучне освітлення нормується в абсолютних одиницях – **нормативній освітленості E_H , лк**, яка залежить від характеристики зорової роботи та системи освітлення.

Рівень природного та сумісного освітлення залежить від факторів, змінювати які практично неможливо: географічна широта, загальна площа світлових прорізів і орієнтація вікон, рівень освітлення неба (час доби, року, погода), наявність за вікном будівель, до того ж освітлення неба змінюється у дуже широких межах, тому природне освітлення нормується у відносній одиниці – **нормативному коефіцієнті природного освітлення КПО, %**.

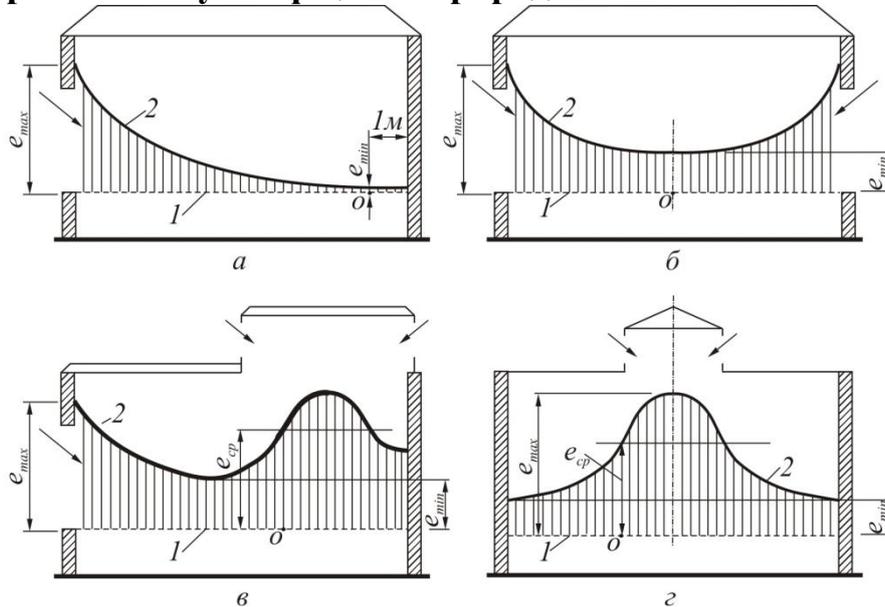


Рис. 5.3. Схеми розподілення природного освітлення та нормування КПО за розрізами приміщень:

а) бокове одностороннє освітлення; б) бокове двостороннє освітлення; в) комбіноване освітлення; г) верхнє освітлення; 1 – рівень робочої поверхні; 2 – крива зміни КПО; т. О – позиція, у якій нормується мінімальне значення КПО, e_{min}

Нормоване значення КПО, e_N , для будинків, розташованих у різних районах, слід визначати за формулою

$$e_N = e_H \cdot m_N, \%$$

де e_H – значення КПО, що визначається залежно від характеристики зорової роботи; m_N – коефіцієнт світлового клімату, який визначається згідно з орієнтацією світлових прорізів за сторонами горизонту і розміщенням світлових прорізів; N – номер групи забезпеченості природним світлом.

Зверніть увагу! 1. Для односторонньої бічної системи освітлення нормується мінімальне значення КПО, яке визначається у точці робочої поверхні (або підлоги), розташованій на відстані l м від стіни, найбільш віддаленої від світлових прорізів, але не більше ніж 12 м від світлових прорізів.

2. Для верхнього та комбінованого освітлення нормується середнє значення KPO_{cp} , обчислене за результатами вимірювань у j – точках (не менше 5) умовної робочої поверхні (або підлоги). Перша та остання точки приймаються на відстані l м від поверхні стін. Середнє значення КПО обчислюється за формулою

$$KPO_{cp} = (KPO_1/2 + KPO_2 + KPO_3 + \dots + KPO_{j-1} + KPO_j/2)/(j-1),$$

де KPO_j – коефіцієнт природного освітлення у j -й контрольній точці; j – кількість контрольних точок у площині характерного перерізу приміщення.

5.5. Методи розрахунку освітлення

Попередній розрахунок природного освітлення полягає у визначенні площі світлових прорізів, що мають забезпечити в приміщенні нормативні значення e_N .

При боковому освітленні розрахунок проводиться за формулою

$$\dot{a} S_g = \frac{e_N \cdot S_n \cdot h_g \cdot k_{\text{буд}} \cdot k_3}{100 \cdot t_0 \cdot r_1},$$

де S_g , S_n – відповідно площі вікон і підлоги у приміщенні; h_g – світлова характеристика вікна; $k_{\text{буд}}$ – коефіцієнт затемнення вікон будівлями; t_0 – загальний коефіцієнт світлопропускання; r_1 – коефіцієнт, що враховує підвищення КПО при боковому освітленні завдяки світлу, яке відбувається від поверхонь приміщення та прилеглих будівель; k_3 – коефіцієнт запасу, враховує зниження світлопропускання вікон і середовища у приміщенні.

Розрахунок природного **верхнього освітлення** полягає у визначенні загальної площі світлових прорізів. Для ліхтарів

$$\dot{a} S_l = \frac{e_N \cdot S_n \cdot h_l \cdot k_3}{100 \cdot t_0 \cdot r_2 \cdot k_l},$$

де S_l , S_n – відповідно площі ліхтаря і підлоги у приміщенні; h_l – світлова характеристика ліхтаря або світового прорізу у площині перекриття; r_2 – коефіцієнт відбиття світла; k_l – коефіцієнт, що враховує тип ліхтаря.

Розрахунок природного освітлення у приміщеннях, які експлуатуються, здійснюють за графіками А. М. Данилюка графоаналітичним методом, який приводиться у ДБН В.2.5-28-2006.

Вихідними даними для світлотехнічного розрахунку є значення мінімальної або середньої освітленості відповідно до норм, вид джерела світла і тип світильника, а також висота його установа.

При **проектюванні штучного освітлення** використовують *точковий метод, метод коефіцієнта використання світлового потоку і метод розрахунку за питомою потужністю*.

Точковий метод – найчастіше застосовується для розрахунку місцевого освітлення та перевірки рівномірності загального освітлення, а також для розрахунку нахилених поверхней локалізованого загального освітлення.

Зверніть увагу! Метод полягає у визначенні освітленості однієї характерної точки на робочій поверхні від точкового джерела світла за номограмою або за допомогою розрахункових формул, а також у визначенні розподілення освітленості такого світильника залежно від висоти та відстані. Загальна освітленість визначається методом суперпозиції (тобто сумування освітленості, що створюють різні джерела).

$$E_{\text{сop}} = \frac{I_j \cos^3 j}{kH^2},$$

де I_j – сила світла в напрямку від джерела на задану точку робочої поверхні (визначається за спеціальними графіками довідникової літератури); j – кут, що утворюється вертикаллю і лінією, яка з'єднує джерело світла з

розрахунковою точкою; k – коефіцієнт, що ураховує можливість запилення світильника; H – висота підвісу світильника.

$$\vee \text{ Освітленість } \textit{вертикальної поверхні} \ E_B = \frac{I_j \cos^3(90 - j)}{kH^2}, \text{ лк.}$$

\vee При використанні *готових просторових ізолюкс* освітленість у контрольній точці, що створюється світильниками, можна визначити згідно із залежністю

$$E = \frac{F \cdot m \cdot \sum_{i=1}^n (e_i \cdot y_i)}{1000 \cdot k},$$

де m – коефіцієнт додаткової освітленості, яка створюється віддаленими світильниками і відбитим світлом; e_i – умовна освітленість, створювана одним i -м світильником у контрольній точці; y_i – коефіцієнт, який ураховує кут нахилу робочої поверхні (для горизонтальної площини $y_i = 1$); n – кількість світильників, котрі впливають на освітленість у контрольній точці.

Зверніть увагу! *Ізолюкса* – крива, що являє собою геометричне місце точок заданої площини з однаковими освітленостями.

Метод коефіцієнта використання світлового потоку – використовують для точного розрахунку освітлення у невеликих приміщеннях.

Зверніть увагу! Метод полягає в урахуванні коефіцієнта світловідбиття від основних поверхонь у приміщенні та співвідношення геометричних розмірів приміщення.

Потрібний світловий потік від джерел світла визначається згідно із залежністю

$$F = \frac{e_N \cdot k \cdot S \cdot z}{N \cdot n \cdot h},$$

де F – потрібний світловий потік однієї лампи, *лм*; e_N – нормативна освітленість, *лк*; k – коефіцієнт запасу на особливості (принцип роботи) ламп; S – площа освітлюваного приміщення, m^2 ; z – коефіцієнт запасу на нерівномірність освітлення; N – кількість світильників, *шт.*; n – кількість ламп у світильнику, *шт.*; h – коефіцієнт використання світлового потоку, враховує розміри приміщення, альbedo стін, стелі та підлоги).

Метод розрахунку за питомою потужністю – наближений розрахунок освітленості на великих майданчиках.

Зверніть увагу! Принцип розрахунку полягає в майже прямо пропорційній залежності між світловим потоком і потужністю серед ламп одного типу.

Кількість ламп у прожекторній установці визначається із залежності

$$n = \frac{e_N \cdot k \cdot S \cdot m}{P},$$

де k – коефіцієнт запасу на запилення; m – коефіцієнт, що враховує залежність між світловим потоком і потужністю лампи; P – потужність однієї лампи, *Вт*.

Для *спрощеного розрахунку прожекторного освітлення* можна використовувати спеціально розроблені криві, які являють собою лінії рівної відносної освітленості, побудовані у площині, перпендикулярній оптичній осі

прожектора і віддаленій від його світлового центра на відстань l м.

Для оптимального освітлення важливо **виключити засліплюючу дію** світильників і прожекторів, яка залежить в основному від висоти їх підвішування. Тому при розрахунках освітленості мінімально допустиму висоту розміщення прожекторів можна приблизно визначити із виразу

$$H = 0,058 \sqrt{I_{max}}, \text{ м.}$$

5.6. Кольорове оформлення виробничих приміщень

Кольорове оформлення виробничих приміщень почали досліджувати більше 70 років тому, спочатку в Англії, а потім в Америці. Після багатьох вдалих і невдалих рішень були створені національні комітети по колірному оформленню виробничих приміщень. До комітету входили різні фахівці: світлотехніки, архітектори, психологи, лікарі.

У будь-якому виробничому приміщенні повинно бути ясно (виключаючи, звичайно, особливі випадки). Звідси випливає, що поверхні у виробничих приміщеннях повинні бути пофарбовані у світлі кольори, тобто кольори з відносно невеликою насиченістю і високими коефіцієнтами відбиття. Тому слід вибирати поверхні не сині, а блакитні, не червоні, а рожеві, не темно-зелені, а світло-зелені і т. д.

Повною мірою повинні бути використані контрасти між теплими і холодними тонами.

У кожному конкретному випадку залежно від характеру виробничого процесу слід підбирати відповідні кольори для фарбування стін і обладнання. Дослідження англійських авторів показали, що для фарбування верстатів, по-різному розташованих в одному цеху, слід використовувати різні кольори. При цьому для забарвлення однакових верстатів бажано використовувати не більше двох кольорів. Більш сприятливим вважається світло-зелений колір. Не рекомендується застосовувати яскраві фарби там, де верстати виробляють сильний шум.

Зверніть увагу! При виборі поєднань кольорів у приміщенні слід урахувати взаємодію всіх елементів: стін, стелі, несучих конструкцій, обладнання, спецодягу робітників, а також освітлення. При цьому необхідно брати до уваги об'ємно-планувальне і конструктивне рішення будівлі, характер трудового процесу, географічне розташування й орієнтацію по сторонах світу, характер обладнання та ступінь насиченості ним цеху, інтенсивність освітлення і спектральний склад випромінювання джерел світла, температурний режим та інші моменти.

Вибір інтенсивності (насиченості й яскравості) кольору несучих і огорожувальних конструкцій залежить від розміру приміщень: чим більше приміщення, тим більше інтенсивним повинен бути колір.

Кольорове рішення внутрішньої обробки приміщень повинно відповідати кліматичному розташуванню й орієнтації по сторонах світу. У теплі тони слід фарбувати приміщення у північних районах країни або при орієнтації будівлі на північну сторону, в холодні тони – приміщення, орієнтовані на сонячну сторону. Таку психологічну зміну температурних відчуттів слід

використовувати, наприклад, у гарячих цехах, де забарвлення інтер'єру доцільно проводити холодними тонами.

Забарвлення робочих поверхонь і прилеглих зон бажано виконувати поєднанням кольорів, що дозволяють створити найкращі зорові умови для основних виробничих операцій. Забарвлення дозволяє створити умови, при яких зір робітників може відпочивати від напруження, викликаного трудовим процесом. Для зниження негативного впливу монотонності виробництва чи одноманітності забарвлення інтер'єру слабо насиченими кольорами рекомендується застосовувати насичені колірні плями на стінах або обладнанні.

Найбільша функціональна стійкість зору спостерігається при жовто-зеленому забарвленні. У приміщеннях з напруженою зоровою роботою яскравих тонів застосовувати не рекомендується, оскільки різкі колірні контрасти призводять до стомлення. Однак установлено, що однотонне кольорове оформлення приміщень досить скоро втрачає свою ефективність (стимулюючу дію), тому що кожен колір відчувається в основному за контрастом з іншими кольорами. При цьому не потрібно використовувати для забарвлення приміщень більше двох – трьох кольорів.

Зверніть увагу! Сприятлива світлова обстановка у приміщенні створює не тільки естетичний, але й фізіологічний і психологічний вплив на людину. Правильне поєднання світлотехнічних засобів і знання основ естетики піднімає культуру виробництва, створює умови для підвищення продуктивності праці при найменшому загальному стомленні і збереженні зору працюючих.

ТЕМА 6. ІОНІЗУЮЧІ ВИПРОМІНЮВАННЯ ТА ЗАХИСТ ВІД НИХ

План лекції

- 6.1. Види та одиниці виміру іонізуючих випромінювань.
- 6.2. Вплив іонізуючого випромінювання на організм людини.
- 6.3. Нормування та захист від дії випромінювання.
- 6.4. Захист від негативного впливу іонізуючого випромінювання.
- 6.5. Методи та прилади радіометричного і дозиметричного контролю.

6.1. Види та одиниці виміру іонізуючих випромінювань

Іонізуюче випромінювання – це випромінювання, взаємодія якого з середовищем призводить до утворення електричних зарядів (іонів) різних знаків.

Джерелом іонізуючого випромінювання є природні та штучні радіоактивні речовини й елементи (уран, радій, цезій, стронцій та інші).

NON MULTA, SED MULTUM

Радіоактивне опромінення, що його постійно зазнає людина внаслідок дії природних джерел радіації (космічні, сонячні промені, земне випромінювання), називають природним радіаційним фоном. Природний радіаційний фон існував завжди – з моменту утворення нашої планети і до сьогодні. Людина, як і будь-який інший організм, постійно знаходиться під дією природного радіаційного фону, який є постійно діючим чинником навколишнього середовища, обумовленим космічним випромінюванням, випромінюванням земної кори, повітря, води, продуктів харчування і живих організмів. Космічне випромінювання у складі природного радіаційного фону формується потоком частинок високих енергій галактичного і сонячного походження. На рівні Землі інтенсивність його неоднакова і залежить від географічної широти і висоти над рівнем моря. У високих широтах і на полюсах Землі воно значно вище, ніж на екваторі, а на висоті 1500 м над рівнем моря приблизно у 2 рази вище, ніж на рівні моря.

Хоча радіація існувала на Землі задовго до появи людини і супроводжує її від народження до смерті, людина зовсім позбавлена органу чуттів, який би давав бодай якусь інформацію щодо рівня радіації. При сприйнятті радіації людина фактично знаходиться на межі «тупості». Скажімо, краплі дощу ми бачимо своїми очима, ми чуємо шум дощу, його дріботіння об дах чи підвіконня, ми відчуваємо дощові струмені на дотик. Можемо навіть спробувати дощову воду на смак, ми вдихаємо дощове повітря, унюхуючи його свіжість. Але ми не в змозі не те що виявити рівень радіації, а й узагалі є неспроможними судити про наявність радіації або про її відсутність. Людські органи чуттів, які сформувалися як інструмент виживання, зовсім не пристосовані до сприйняття проникаючої радіації, і в цьому полягає її суттєва відмінність, трагічна виключність порівняно з іншими природними впливами. Відомо, що навіть невеликі з точки зору фізики зміни світлового потоку, температури повітря чи механічного тиску викликають доволі бурхливу реакцію людського організму. Наприклад, зір, який протягом багатьох поколінь слугував майже єдиним засобом виявлення ворога, мав діяти й у сутінках, і навіть при світлі Місяця чи зірок, коли світлова енергія надходить лише рідкими порціями. Зібрати і використати кожний фотон, щоб краще побачити небезпеку, яка насувається, було справою життя чи смерті. Зрадлива особливість ядерних випромінювань з точки зору людини, котра потрапляє в небезпечну зону, полягає в тому, що радіація аж ніяк себе не проявляє. Для виявлення радіоактивних випромінювань людині довелося винайти спеціальні прилади, без них ми аж ніяк не можемо судити ані про рівень радіації, ані про небезпеку, яку вона у собі несе. За даними Наукового Комітету ООН

з питань дії атомної радіації (НКДАР), радіоактивне опромінення людини, спричинене дією природних джерел радіоактивності, становить близько 83% усієї радіації, отриманої людиною. Решта 17% опромінення людини спричиняється техногенними джерелами радіоактивності.

Випромінювання використовуються для дефектоскопії металів, контролю якості зварних з'єднань, визначення рівня агресивних середовищ у замкнених об'єктах, для захисту від розрядів статичної електрики і т. д.).

Радіоактивне іонізуюче випромінювання поділяють на:

1. Електромагнітне (фотонне) – гамма- та рентгенівські випромінювання;
2. Корпускулярне – випромінювання, що складається із потоку частинок, маса спокою яких не дорівнює нулю (альфа- і бета-частинок, протонів, нейтронів та ін.).

Усі види радіоактивного випромінювання супроводжуються звільненням різної кількості енергії і різною проникною здатністю, тож вони чинять різний вплив на живі організми й екосистеми у цілому.

NON MULTA, SED MULTUM

Радіоактивне випромінювання являє собою спонтанний процес перетворення атомного ядра з основного або метастабільного стану в інше атомне ядро шляхом викидання частинок за час, який значно перевищує час життя окремого збудженого складного ядра в ядерних реакціях ($t > 10^{-10} \text{ c} \dots 10^{-12} \text{ c}$). Основними типами радіоактивного випромінювання є альфа-розпад, β^- -розпад, β^+ -розпад, поділ ядер, протонна радіоактивність, е-захоплення. З них альфа-розпад пов'язаний з викиданням альфа-частинок з атомного ядра, β^- -розпад – з викиданням електрона з атомного ядра при перетворенні зайвого нейтрона у протон за схемою $n_0^1 \rightarrow p_1^1 + e_{-1}^0 + \bar{\nu}_0^0$, β^+ -розпад – викидання позитрона за схемою $p_1^1 \rightarrow n_0^1 + e_{+1}^0 + \nu_0^0$. Надлишок енергії збуджених ядер радіоактивних продуктів звільняється при радіоактивності у вигляді гамма-випромінювання, яке супроводить усі типи радіоактивності.

Альфа-випромінювання є корпускулярним випромінюванням, яке являє собою потік важких частинок (ядер атомів Гелію ${}^4_2\text{He}$), що рухаються зі швидкістю приблизно 20 000 км/с.

Бета-випромінювання – (потік електронів e_{-1}^0 або позитронів e_{+1}^0), що також є корпускулярним випромінюванням, має значно більшу проникність і здатне проходити в тканини організму на глибину до одного – двох сантиметрів, їх швидкість наближається до швидкості світла.

Гамма-випромінювання – являють собою короткохвильове електромагнітне випромінювання. Поширюються гамма-кванти (гамма-промені з довжиною хвилі λ , меншою за 0,01 нм), як і інші види електромагнітного випромінювання (ультрафіолетове з довжиною хвилі λ від 400 нм до 50 нм, рентгенівське з довжиною хвилі λ від 50 нм до 0,01 нм), зі швидкістю, яка дорівнює швидкості світла, та мають значно більшу енергію.

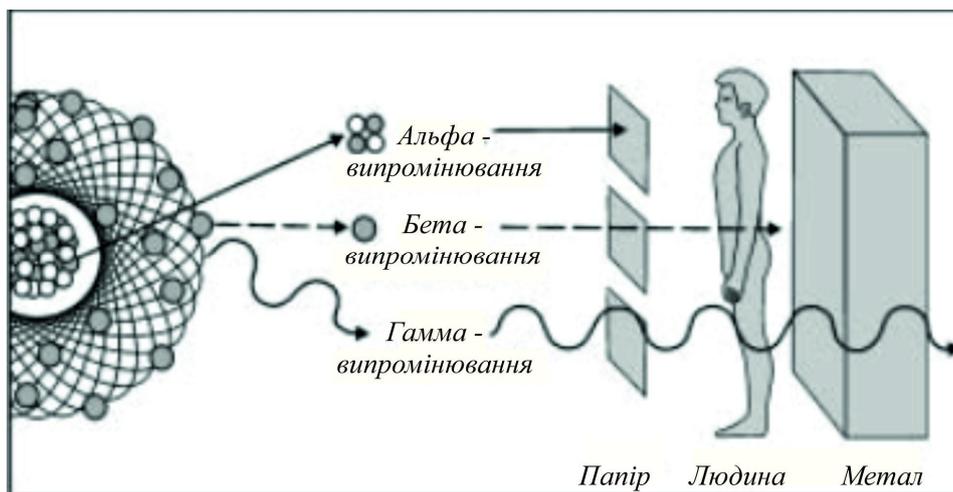


Рис. 6.1. Проникна здатність різних типів радіоактивного випромінювання

Іонізуюче випромінювання характеризується двома основними властивостями:

- 1) здатністю проникати через середовище, що опромінюється;
- 2) іонізувати повітря і живі клітини організму.

Обидві ці властивості іонізуючого випромінювання зв'язані між собою оберненою пропорційною залежністю.

Найбільшу проникну здатність мають гамма- та рентгенівські випромінювання. Альфа- та бета-частинки, а також інші, що належать до корпускулярного іонізуючого випромінювання, швидко втрачають свою енергію на іонізацію, тому в них порівняно низька проникна здатність.

Радіоактивність, як уже зазначалося, є спонтанним перетворенням ядер нестійких атомів одних елементів в ядра атомів інших елементів. Загальна кількість розпадів радіоактивних ядер за одиницю часу (за 1 секунду) називається активністю радіоактивного нукліда (препарату). Вимірюють активність у бекерелях: $1 \text{ Бк} = 1 \text{ розпад за секунду}$. Крім бекереля, іноді використовується позасистемна одиниця радіоактивності – кюрі: $1 \text{ Ки} = 3,7 \cdot 10^{10} \text{ Бк}$. Зручність використання кюрі як одиниці вимірювання пояснюється тим, що вона відповідає активності 1 грама Радію-226 – історично першої речовини, в якій були вивчені закони радіоактивного розпаду.

Активність радіоактивного нукліда (препарату) визначається як загальна кількість розпадів радіоактивних ядер джерела за одиницю часу

$$A = \left| \frac{dN}{dt} \right| = \lambda N, \quad (6.1)$$

де $N = N_0 e^{-\lambda t}$ – обов'язкова у шкільній програмі формула закону радіоактивного розпаду ядер атомів. Тут λ – стала розпаду – чисельно дорівнює відносній частині загальної кількості радіоактивних атомів, яка розпадається за 1 с.

Із допомогою нескладних математичних перетворень легко встановити, що величини λ (стала розпаду) і $T_{1/2}$ (період напіврозпаду) пов'язані обернено пропорційною залежністю

$$I = \frac{\ln 2}{T_{1/2}}. \quad (6.2)$$

Відомо, що формула (6.1) розкиває зміст одиниці активності радіоактивного нукліда: $1 \text{ Бк (бекерель)} = 1 \text{ розпад/с}$. Для подальшого розгляду важливо зазначити інформативність періоду напіврозпаду $T_{1/2}$ для радіоактивної речовини. У різних радіоактивних речовин період напіврозпаду змінюється у дуже широких межах: від мільйонних часток секунди до декількох мільярдів років. Наприклад, період напіврозпаду Урану-238 дорівнює 4,5 мільярда років, радіоактивного ізотопу Йод-131 – близько 8 днів, Цезію-137 – тридцять років.

Усі *характеристики радіаційних ефектів* називаються **дозами** (від грецького слова *dosis* — *порція*, що означає точно відміряну кількість чогось: якоїсь речовини, ліків тощо). У радіаційній фізиці й споріднених науках (радіобіології, радіаційній гігієні, дозиметрії тощо) використовуються поняття експозиційної, поглиненої, еквівалентної, ефективної доз, а також керми.

Поглинута доза D — це відношення середньої енергії dE , що передається випромінюванням речовині в деякому елементарному об'ємі, до маси dm у цьому об'ємі:

$$D = dE/dm.$$

Одиницею поглинутої дози в системі одиниць СІ є грей ($Гр$), а позасисемною — рад: $1 \text{ Гр} = 1 \text{ Дж/кг} = 100 \text{ рад}$.

Оскільки різні види іонізуючого випромінювання навіть при однакових значеннях поглинутої дози викликають різний біологічний ефект, уведено поняття **еквівалентної дози H**, що визначається як добуток поглинутої дози та коефіцієнта якості такого випромінювання $k_{я}$:

$$H = D \cdot k_{я}.$$

Коефіцієнт якості випромінювання показує, у скільки разів радіаційна небезпека цього виду випромінювання вище радіаційної небезпеки рентгенівського випромінювання при однаковій поглинутій дозі.

Значення коефіцієнта якості для деяких видів випромінювання при тривалому опроміненні всього тіла наведені у таблиці 6.1.

Таблиця 6.1

Значення коефіцієнта якості випромінювання

Вид випромінювання	Коефіцієнт якості, $k_{я}$
Рентгенівське і гамма-випромінювання	1
Електрони і позитрони, бета-випромінювання	1
Протони з енергією менше 10 МеВ	10
Нейтрони з енергією менше 20 кеВ	3
Нейтрони з енергією 0,1...10 МеВ	10
Альфа-випромінювання з енергією менше 10 МеВ	20
Важкі ядра віддачі	20

Одиницею еквівалентної дози опромінення в системі СІ є зіверт (Зв):

$1 \text{ Зв} = 100 \text{ бер}$. Бер (біологічний еквівалент рада) – позасистемна одиниця H .

Зверніть увагу! Діапазон еквівалентних доз опромінення, отриманих людиною від природного радіаційного фону, коливається від $1,0$ мЗв до $11,8$ мЗв на рік, дорівнюючи в середньому близько $2,4$ мЗв на рік (дані НКДАР).

При цьому іонізуюче випромінювання від техногенних джерел може перевищувати природний радіаційний фон у мільйони разів. У цілому, **територія вважається радіаційно забрудненою**, якщо перебування на ній протягом одного року призводить до додаткового (понад природний рівень) опромінення дозою 1 мЗв і більше. Перебуваючи протягом одного року в зоні безумовного (обов'язкового) відселення навколо Чорнобильської АЕС, людина отримувала б додатково еквівалентну дозу опромінення 5 мЗв, а в зоні гарантованого добровільного відселення – від 1 мЗв до 5 мЗв.

Для кількісної оцінки іонізуючої дії рентгенівського та гамма-випромінювання в сухому атмосферному повітрі використовується **експозиційна доза**, яка являє собою відношення повного заряду іонів одного знака dQ , що виникають у малому об'ємі повітря, до маси повітря в цьому об'ємі dm :

$$X = dQ/dm.$$

За одиницю експозиційної дози приймають кулон на кілограм (*Кл/кг*). Позасистемна одиниця – рентген (Р): $1 \text{ Р} = 2,58 \cdot 10^{-4} \text{ Кл/кг}$. Експозиційній дозі в 1 Р відповідає утворення $2,083 \cdot 10^9$ пар іонів в 1 см^3 повітря або (що є тим самим) $1,61 \cdot 10^{12}$ пар іонів в 1 г повітря.

NON MULTA, SED MULTUM

Іноді зазначають, що 1 Р – це така експозиційна доза випромінювання, яка в $0,001293$ грамах атмосферного повітря (саме $0,001293$ грамам дорівнює маса одного кубічного сантиметра повітря) при температурі $0 \text{ }^\circ\text{C}$ і тиску 760 мм рт. ст. утворює іони, з яких іони одного знака мають сумарний заряд $\frac{1}{3} \cdot 10^{-9} \text{ Кл}$.

Ці два значення не суперечать одне одному. Оскільки заряд електрона дорівнює $1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Кл}$, то $2,083 \cdot 10^9$ іонів несуть сумарний заряд $1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Кл}$. До речі, зазначимо, що на утворення однієї пари іонів у повітрі в середньому затрачається енергія, яка приблизно дорівнює 34 електрон-вольтам (eV), отже, при експозиційній дозі величиною 1 рентген в 1 см^3 повітря поглинається близько $0,114 \cdot 10^7 \text{ Дж}$ або, в перерахунку на один грам повітря, $8,8 \cdot 10^{-6} \text{ Дж/г}$. Таким чином, $8,8 \cdot 10^{-6} \text{ Дж/г}$ – це енергетичний еквівалент рентгена для повітря.

Експозиційна доза радіоактивного випромінювання дає загальне уявлення щодо кількості попадаючої на об'єкти енергії радіоактивного випромінювання за час їхнього опромінення. Проте більш інформативною характеристикою є зміна експозиційної дози випромінювання з часом, яка називається **потужністю експозиційної дози випромінювання** (скорочено – ПЕД). Найчастіше ПЕД вимірюють у мікрорентгенах на годину (мкР/год) або у мілірентгенах на годину (мР/год). Саме ПЕД найчастіше вимірюють дозиметричними приладами, бо вона однозначно і повно характеризує «потужність» джерела випромінювання і радіаційне поле, яке воно створює в певній точці повітря. Зазначимо, що в Україні відповідно до чинних Норм радіаційної безпеки (НРБУ-97) кожна людина має право на достовірну інформацію щодо радіаційної обстановки у місцевості, де вона перебуває.

І саме ПЕД використовується при цьому як основна характеристика радіаційної обстановки. На території України потужність експозиційної дози випромінювання дорівнює від 6 мкР/год до 24 мкР/год (пишуть, що

ПЕД = 6...24 мкР/год). Разом з тим знання ПЕД мало що дає пересічній, невідповідній належним чином людині.

6.2. Вплив іонізуючого випромінювання на організм людини

Вплив іонізуючого випромінювання на організм людини *може бути*:

- Ø зовнішнім;
- Ø внутрішнім (коли радіоактивна речовина потрапила в організм людини при вдиханні чи з їжею);
- Ø комбінованим.

Дослідним шляхом встановлено, що дія радіації спричиняє такі ефекти: 1) *тепловий* (температурний); 2) *електричний* (іонізуючий); 3) *енергетичний* (поглинальний); 4) *біологічний* (уражаючий).

Тепловий ефект полягає у нагріванні речовини (підвищенні температури препарату, що опромінюється). Тепловий ефект оцінюють за зростанням температури, вимірюючи її у °С. Цей ефект є малопомітним.

NON MULTA, SED MULTUM

Підраховано: якщо умовно перевести без втрат радіацію у теплову енергію, що є достатньою для загибелі людини, то людський організм нагріється при цьому лише на 0,001 °С, тобто менше, ніж від склянки випитого чаю. Особливість дії радіації на людину була виявлена і сформульована видатним російським ученим, професором Миколою Тимофєєвим-Ресовським (1900 – 1981) як **радіобіологічний парадокс**: «Існує величезна невідповідність між мізерною величиною поглиненої енергії радіоактивного випромінювання і надмірною реакцією на неї живого організму – аж до летального наслідку». Причина того, чому така зовсім мала доза радіації призводить організм до катастроф, є загадкою радіобіологічного парадоксу. Її розкриття є основною задачею окремої сучасної науки — **радіобіології**.

Радіобіологія займається вивченням закономірностей впливу всіх видів іонізуючих випромінювань на організми та їх співтовариства. Радіобіологія також займається пошуками різноманітних засобів захисту організму від іонізуючих випромінювань і шляхів його *пострадіаційного відновлення* від ушкоджень, *прогнозуванням небезпеки* для людства внаслідок зростаючого рівня радіації навколишнього середовища, розвідкою нових шляхів використання іонізуючих випромінювань у медицині, сільському господарстві, харчовій та мікробіологічній промисловості. Як наука радіобіологія сформувалася у 2-й половині ХХ ст.

Електричний ефект оцінюють за *іонізуючою дією радіації*. Кількісною характеристикою електричного ефекту, спричиненого дією радіації, є *експозиційна доза випромінювання*.

Енергетичний ефект оцінюють за величиною *поглиненої опроміненою речовиною енергії*. Кількісною характеристикою енергетичного ефекту, спричиненого дією радіації, є *поглинена доза опромінення*.

Біологічний ефект оцінюють за величиною радіаційних уражень живих тканин і організмів. Кількісною характеристикою біологічного ефекту, спричиненого дією радіації, є *еквівалентна доза опромінення*.

При вивченні впливу іонізуючого випромінювання на організм людини були виявлені **наступні особливості**.

1. Висока ефективність поглинутої енергії. Навіть невелика кількість

поглинутої енергії іонізуючого випромінювання може викликати суттєві біологічні зміни в організмі людини.

2. Наявність прихованого (інкубаційного) періоду проявлення впливу іонізуючого випромінювання. Цей період, який ще часто називають періодом уявного благополуччя, тим менший, чим вища доза опромінення.

3. Вплив малих доз іонізуючого випромінювання може накопичуватись (кумулятивний ефект).

4. Іонізуюче випромінювання впливає не лише безпосередньо на саму людину, а й на його майбутнє потомство (генетичний ефект).

5. Різні органи організму людини мають різну чутливість до іонізуючого випромінювання (табл. 6.3).

6. Ступінь впливу іонізуючого випромінювання залежить від індивідуальних особливостей організму людини.

7. Наслідки опромінення істотно залежать від його дози та частоти. *Одноразова* дія іонізуючого випромінювання великої дози викликає більші зміни в організмі людини, ніж його *фракціонована* дія.

8. Залежно від еквівалентної дози опромінення та індивідуальних особливостей людини зміни в її організмі можуть бути незворотними та невиліковними.

Ступінь радіаційного ураження залежить від виду випромінювання, тривалості та дози опромінення, фізико-хімічних властивостей радіоактивної речовини та індивідуальних особливостей організму людини.

Іонізуюче випромінювання, проникаючи в організм людини, передає свою енергію органам і тканинам шляхом збудження та іонізації атомів і молекул, що входять до складу клітин організму. Це веде до зміни хімічної структури різноманітних з'єднань, що призводить до порушення біологічних процесів, обміну речовин, функції кровотворних органів, змін у складі крові тощо. Радіаційні ураження можуть бути загальними та місцевими (променеві опіки шкіри, слизових оболонок і т. п.).

Тривалий вплив іонізуючого випромінювання в дозах, що перевищують гранично допустимі, може викликати променеву хворобу, яка характеризується зазвичай такими ознаками: порушення сну, погіршення апетиту, сухість шкіри (*перша стадія*); розлади органів травлення, порушення обміну речовин, зміни в серцево-судинній системі, руйнування кровоносних судин (*друга стадія*); крововиливи в судинах мозку та серцевому м'язі, випадання волосся, катаракта, порушення діяльності статевих органів, генетичні порушення (*третьа стадія*).

6.3. Нормування іонізуючого випромінювання

Допустимі дози іонізуючого випромінювання регламентуються Нормами радіаційної безпеки України (НРБУ-97). Згідно з цим нормативним документом визначені наступні *категорії* опромінюваних осіб:

— **категорія А** – особи, що постійно чи тимчасово працюють з джерелами іонізуючого випромінювання;

— **категорія Б** – обмежена частина населення (особи, що не працюють безпосередньо з джерелами випромінювання, але за умовами проживання або розташування робочих місць можуть підлягати опроміненню);

— **категорія В** – населення області, країни.

За ступенем чутливості до іонізуючого випромінювання встановлено 3 *групи критичних органів* (тканин) організму, опромінення яких спричинює найбільшу шкоду здоров'ю людини:

I група – все тіло, статеві органи, червоний кістковий мозок;

II група – щитовидна залоза, м'язи, жирова тканина, печінка, нирки, селезінка, шлунково-кишковий тракт, легені, кришталик ока;

III група – кісткова тканина, шкіра, кисті, передпліччя, литки, стопи.

Залежно від групи критичних органів для осіб категорії А встановлено *гранично допустиму дозу* (ГДД) за рік, а для осіб категорії Б — *границю дози* (ГД) за рік (див. табл. 6.3).

Таблиця 6.3

Дози опромінення для різних груп критичних органів осіб категорії А та Б, мЗв/рік

Група критичних органів	Гранично допустима доза для осіб категорії А	Границя дози для осіб категорії Б
I	50	5
II	150	15
III	300	30

Примітка: 1) гранично допустима доза (ГДД) – найбільше значення індивідуальної дози за рік, яке за рівномірної дії протягом 50 років не викликає в стані здоров'я персоналу (категорія А) негативних змін;

2) границя дози (ГД) – гранична еквівалентна доза за рік для обмеженої частини населення (категорія Б).

Еквівалентна доза H (бер), накопичення в критичному органі за час T (років) від початку професійної роботи, не повинна перевищувати значень, що визначаються за формулою

$$H = \text{ГДД} \cdot T, \text{ бер.}$$

Для населення (категорії В) доза опромінення не регламентується, оскільки передбачається, що їх опромінення відбувається в основному за рахунок природного фону та рентгенодіагностики, дози яких незначні і не можуть викликати в організмі відчутних несприятливих змін.

6.4. Захист від негативного впливу іонізуючого випромінювання

Засоби та заходи захисту від іонізуючих випромінювань поділяють на організаційні, технічні, санітарно-гігієнічні та лікувально-профілактичні.

Організаційні заходи від іонізуючих випромінювань передбачають забезпечення виконання вимог норм радіаційної безпеки. Приміщення, які призначені для роботи з радіоактивними ізотопами повинні бути ізольовані від інших і мати спеціальне оброблення стін, стелі, підлоги. Відкриті джерела випромінювання і всі предмети, які опромінюються, повинні знаходитись в обмеженій зоні, перебування в якій персоналу дозволяється у виняткових випадках, та й то короткочасно. На контейнерах, устаткуванні, дверях приміщень та інших об'єктах наноситься попереджувальний знак радіаційної небезпеки.

До **технічних** заходів та засобів захисту від іонізуючого випромінювання належать: застосування автоматизованого устаткування з дистанційним керуванням; використання витяжних шаф, камер, боксів, що оснащені спеціальними маніпуляторами, які копіюють рухи рук людини; встановлення захисних екранів.

Санітарно-гігієнічні заходи передбачають: забезпечення чистоти приміщень, включаючи щоденне вологе прибирання; улаштування припливно-витяжної вентиляції з щонайменше 5-кратним повітрообміном; дотримання норм особистої гігієни.

До **лікувально-профілактичних** заходів належать: попередній та періодичні медогляди осіб, які працюють з радіоактивними речовинами; встановлення раціональних режимів праці та відпочинку; використання *радіопротекторів* – хімічних речовин, що підвищують стійкість організму до іонізуючого опромінення.

Захист працівника від негативного впливу джерела зовнішнього іонізуючого випромінювання досягається *шляхом*:

— зниження потужності джерела випромінювання до мінімально необхідної величини («захист кількістю»);

— збільшення відстані між джерелом випромінювання та працівником («захист відстанню») – використовується при невеликих дозах випромінювання. Базується на законі ослаблення випромінювання у повітрі.

Для точкового джерела *Г* випромінювання закон має вигляд

$$D_e = D_0 \cdot e^{-\mu R} \cdot (1/R^2),$$

де D_e – потужність дози випромінювання, яке діє на людину, *мбер/год*;

D_0 – потужність дози джерела випромінювання, *бер/год*; μ – повний лінійний коефіцієнт ослаблення випромінювання у повітрі, *см⁻¹*; R – відстань від джерела випромінювання до людини, *м*.

— зменшення тривалості роботи в зоні випромінювання («захист часом»);

— встановлення між джерелом випромінювання та працівником захисного екрана («захист екраном») – використовується при значній

радіоактивності джерела випромінювання. Базується на законі ослаблення випромінювання у речовині.

Для точкового джерела *g* випромінювання закон має вигляд

$$D_x = D_0 \cdot e^{-mx} \cdot B,$$

де D_0 і D_x – потужність дози при вході в екран і за захистом, бер/год;

x – товщина захисту, см; m – повний лінійний коефіцієнт ослаблення випромінювання у речовині, см^{-1} ; B – фактор накопичення розсіяного випромінювання.

Зверніть увагу! Захисні екрани мають різну конструкцію і можуть бути стаціонарними, пересувними, розбірними та настільними. Вибір матеріалу для екрана та його товщини залежить від виду іонізуючого випромінювання, його рівня та тривалості роботи.

Для захисту від альфа-випромінювання немає необхідності розраховувати товщину екрана, оскільки завдяки малій проникній здатності цього випромінювання аркуш паперу, шар повітря в кілька сантиметрів, гумові рукавички вже забезпечують достатній захист, тому цей вид випромінювання не являє собою особливої небезпеки до тих пір, поки радіоактивні речовини, які випромінюють α -частинки, не потраплять усередину організму через відкриту рану, з повітрям або продуктами харчування – тоді вони стають дуже небезпечними.

β -випромінювання має більшу проникну здатність: воно проходить у тканини організму на глибину 1...2 см. Екран для захисту від бета-випромінювання виготовляють із матеріалів з невеликою атомною масою (плексиглаз, алюміній, скло) для запобігання утворенню гальмівного випромінювання. Досить ефективними є двошарові екрани: з боку джерела випромінювання розташовують матеріал з малою атомною масою, товщиною, що дорівнює довжині пробігу бета-частинок, а за ним – з більшою атомною масою (для поглинання гальмівного випромінювання).

Для захисту від гамма-випромінювання, яке характеризується значною проникною здатністю, застосовуються екрани із матеріалів, що мають велику атомну масу (свинець, чавун, бетон, баритобетон).

Товщину захисного екрана від гамма-випромінювання d_g (см) наближено можна визначити за формулою

$$d_g = \ln(k/\mu_g),$$

де μ_g — коефіцієнт лінійного послаблення;

k — кратність послаблення (відношення дози випромінювання без захисту до гранично допустимої дози).

До засобів *індивідуального захисту* (ЗІЗ) від іонізуючих випромінювань належать: халати, костюми, пневмокостюми, шапочки, гумові рукавички, тапочки, бахіли, засоби захисту органів дихання та ін. Застосування тих чи інших ЗІЗ залежить від виду і класу робіт.

6.5. Методи та прилади радіометричного і дозиметричного контролю

Дозиметричні прилади можна кваліфікувати за призначенням, за типом датчиків, за вимірюванням виду випромінювання, за характером електричних сигналів, які перетворюються схемою приладу.

За призначенням усі прилади для радіометричного та дозиметричного контролю і вимірювання діляться на 4 групи:

1. **Індикатори** – прилади радіаційної розвідки, за допомогою яких розв'язується задача виявлення випромінювання та орієнтовної оцінки потужності дози, головним чином β - і γ -випромінювань.

Зверніть увагу! Ці прилади мають прості електричні схеми із світловою або звуковою сигналізацією. За допомогою індикаторів можна встановити, зростає потужність чи зменшується. Як датчики використовують газорозрядні лічильники.

2. **Рентгенометри** – призначені для вимірювання потужності рентгенівського або γ випромінювання. Як датчики використовують іонізаційні камери або газорозрядні лічильники.
3. **Радіометри** (вимірювачі радіоактивності) – використовуються для виявлення і визначення ступеня радіоактивного забруднення поверхонь, обладнання, об'ємів повітря, головним чином α - і β - частинками. Радіометрами можливе вимірювання і незначних рівнів γ випромінювання.
4. **Дозиметри** – призначені для визначення сумарної дози опромінення, яку отримує людина за час знаходження на забрудненій території, головним чином γ випромінювання.

Зверніть увагу! Індивідуальні дозиметри являють собою малогабаритні іонізаційні камери або ж фотокасети з плівкою.

Робота приладів для радіометричного та дозиметричного контролю базується на таких основних методах вимірювання:

1. **Іонізаційний метод**, який полягає у здатності радіоактивного випромінювання іонізувати повітря, а також на здатності деяких газів ставати провідниками електричного струму під дією радіоактивного випромінювання;
2. **Сцинтиляційний метод**, який полягає у здатності деяких кристалів, газів та розчинів випромінювати світло при проходженні через них іонізуючого випромінювання. Сцинтиляція – спалах світла, який виникає внаслідок іонізації атомів при проходженні альфа- і бета- частинок або гамма-кванта через речовину.
3. **Фотографічний метод**, полягає у здатності шару фотографічної емульсії під впливом радіоактивного випромінювання темніти після проявлення. Ступінь потемніння залежить від дози опромінення;
4. **Хімічний метод** – базується на здатності деяких розчинів змінювати свій колір під дією іонізуючих випромінювань.

ТЕМА 7. ВПЛИВ ШУМУ І ВІБРАЦІЇ НА ЛЮДИНУ

План лекції

- 7.1. Класифікація шумів і вібрації.
- 7.2. Основні параметри, принципи розрахунку, вимірювання і нормування вібрації.
 - 7.2.1. Вимірювання вібрації.
 - 7.2.2. Нормування вібрації.
- 7.3. Основні параметри, принципи розрахунку, вимірювання і нормування шумів.
- 7.4. Технічні засоби й організаційні заходи захисту від шуму та вібрації.
 - 7.4.1. Заходи та засоби захисту від шуму.
 - 7.4.2. Заходи та засоби захисту від вібрації.

*«Коли-небудь людству доведеться боротися з шумом так, як воно бореться з холерою і чумою»
Роберт Кох*

7.1. Класифікація шумів і вібрації

Шум – сукупність звуків різної інтенсивності та частоти, що виникають унаслідок коливальних процесів і не несуть інформаційного навантаження.

Зверніть увагу! Звук, як фізичне явище, являє собою коливальний рух, що поширюється хвилеподібно у пружному середовищі (газоподібному, рідинному чи твердому). Між звуком, музикою і шумом фізичної різниці немає. Для них існують одні і ті ж закони виникнення і розповсюдження.

Тривала і сильна *дія шуму* призводить до зниження продуктивності розумової праці на 60...65 %, фізичної праці – на 30...35 %.

У великих містах сильне *шумове забруднення* скорочує тривалість життя людини на 8...12 років.

Надмірне *шумове забруднення* у шумних цехах викликає тимчасову втрату працездатності у 1,5...2 рази частіше, ніж на виробництві із нормальним рівнем шуму. Надмірне шумове навантаження закономірно призводить до зниження гостроти слуху і туговухості працівників (див. таблицю 7.1).

Таблиця 7.1

Шкідливі наслідки шумового забруднення

Рівень шуму, дБ	80	90	90	90	100	100	100	110	110	110
Стаж роботи працівника, років	25	5	15	25	5	15	25	5	15	25
Частка хворих на туговухість, %	0	4	14	17	12	37	43	26	71	78

У працівників *шумних цехів* шлункові захворювання (зокрема гастрити) спостерігаються у 4 рази частіше, ніж на виробництві із нормальним рівнем шуму.

За останні 30 років рівень шуму (шумового забруднення) у великих містах зріс у середньому на 12...15 дБ.

Зверніть увагу! Критерії нешкідливості шуму: 1) діючи протягом тривалого часу, він не повинен викликати зниження гостроти сприймання корисних звукових сигналів; 2) він не повинен заважати задовільній розбірливості мови на відстані 1,5 м від мовця.

За медичними показниками, природною є *втрата гостроти слуху* у віці близько 60 років, але у великих сучасних містах люди починають страждати на вади слуху вже з 30-літнього віку.

Разом із шкідливими існують шуми, які чинять позитивну, благотворну дію і не викликають ані надмірного подразнення нервової системи, ані порушення нормальних фізіологічних функцій людського організму. Це *слабкі шуми природного походження* (шелест листя, дзюрчання струмка тощо).

Для виникнення і розповсюдження звука необхідне матеріальне середовище, від якого він і отримує свою назву: звук, що поширюється у повітряному середовищі, називається *повітряним звуком*, а в твердих тілах – *структурним*.

За частотою звук поділяється на:

1) інфразвук – до 20 Гц (не сприймається на слух, 5...7 Гц – виникає відчуття страху, смерть);

NON MULTA, SED MULTUM

Інфразвук (від лат. *infra* – «нижче», «під») – це пружні хвилі, аналогічні звуковим, але нечутні для людського вуха через низьку частоту. Вони слабо поглинаються різними середовищами, тому в повітрі, у воді й земній корі поширюються на дуже далекі відстані. Виникають, як правило, при землетрусах, підводних і підземних вибухах, під час ураганів, цунамі й інших стихійних лих.

На людину інфразвук діє дуже цікавим чином. Органи людини мають власну частоту коливань – інфразвукову. Зовнішні коливання в проміжку 6...12 Гц впливають на наші органи найгірше. При малій інтенсивності вони викликають дзвін у вухах, нудоту, можуть призвести до розладу зору. Часто при цьому люди відчувають підсвідомий панічний страх. Інфразвукові хвилі різної інтенсивності порушують роботу органів травлення й мозку. Пружні, потужні хвилі інфразвуку частотою 7 Гц здатні розірвати кровоносні судини і викликати зупинку серця. Потрапляючи в резонанс із біоритмами людини, інфразвук високої інтенсивності може викликати миттєву смерть.

Професор біології із Франції В. Гавро познайомився із цим загадковим явищем, можна сказати, випадково. З деяких пір у приміщенні однієї з його лабораторій стало просто неможливо працювати.

Співробітники, не пробувши в ній і двох годин, скаржилися на сильний головний біль, утому, болючі відчуття у вухах, погіршення інтелектуальних здатностей. Професор і його колеги-біологи стали шукати причину такого негативного явища. Відповідь була несподіваною. Через кілька днів вони виявили, що вентиляційна система заводу, який був побудований поруч із лабораторією, створювала інфразвукові коливання великої потужності. Частота цих хвиль перебувала в межах 7 Гц. Для людини це небезпечно. Підтвердженням цього став випадок, коли Гавро і його співробітники змушені були припинити роботу й досліди з одним із генераторів. Учасники експерименту відчули себе настільки погано, що навіть через кілька годин звичайні низькі звуки сприймалися ними дуже болісно. Під час досліду в усіх, хто перебував у лабораторії, стали вібрувати предмети, що перебували в кишенях: ручки, ключі, записні книжки. Учені зробили однозначний висновок: збіг інфразвукової

частоти з альфа-ритмами головного мозку людини небезпечний для її здоров'я.

Відомий випадок, коли знаменитому фізику Р. Вуду замовили величезну органну трубу (40 метрів довжиною), потрібну для постановки п'єси про часи Середньовіччя. Така довга труба повинна була видати вже не чутний людським вухом звук. Довжина сорокаметрової звукової хвилі відповідає частоті десь близько 8 Гц. А це у два рази нижче межі звуку, який чує людина. Коли спробували під час спектаклю цією трубою скористатися, відбувся конфуз. Хоч звук такої частоти й не був чутним, він дуже близько наблизився до альфа - ритму людського мозку (5 – 7 Гц). Коливання такої частоти викликали в людей почуття страху й паніки. Глядачі розбіглися, улаштувавши при цьому тисняву. Пізніше всі жителі кварталу, де розташовувався театр, підтвердили, що зненацька їх охопив жах і очікування чогось поганого. Перехожі стурбовано озиралися, миттєво розлетілися птахи, а собаки безпричинно вили й гавкали. Режисер спектаклю



Роберт Вільямс Вуд
(англ. Robert Williams Wood;
2.05.1868 — 11.08.1955) —
видатний американський фізик-
експериментатор

разом із ученим вирішили назавжди позбутися жахливої труби.

Схожими коливаннями деякі вчені пояснюють феномен Бермудського трикутника, коли пропадають люди. Є версія, що вітер, при відбитті від довгих хвиль в океані, породжує інфразвук, який згубно діє на людську психіку. У результаті люди в паніці самі викидаються за борт.

Інфразвуки відіграють дуже важливу роль і в живому світі. Завдяки інфразвукам, які дуже добре розповсюджуються у воді, кити й інші морські тварини орієнтуються в морських просторах. Кілька сотень кілометрів для інфразвуку не перешкода. Риби й інші морські тварини вловлюють інфразвукові хвилі, які створюються штормовими хвилюваннями. Таким чином, вони заздалегідь відчувають наближення шторму або циклону і переміщуються у більш безпечне місце.

2) звук низької частоти – 20...300 Гц (найменша чутливість людини);

Зверніть увагу! Барабанна перетинка реагує на переміщення $0,0000000001$ см – вухо чує цокання ручного годинника у повній тиші на відстані до 6 м (БЖД №7, 2003, с. 12).

3) звук середньої частоти – 300...800 Гц;

4) звук високої частоти – 800...20000 Гц (найвища чутливість людини);

5) ультразвук – більше 20 кГц (не сприймається на слух, 50 кГц – впливає на зір, нервову систему).

NON MULTA, SED MULTUM

Ультразвуки можуть видавати й сприймати такі тварини, як собаки, кішки, дельфіни, мурахи, кажани й ін. Кажани під час польоту видають короткі звуки високого тону. У своєму польоті вони керуються відбиттям цих звуків від предметів, що зустрічаються на шляху. Кішки й собаки можуть чути дуже високі свистячі звуки (ультразвуки).

Проведені спостереження показали, що мурахи так само видають ультразвукові сигнали з різними частотами в різних ситуаціях. Усі записані мурашині звукові сигнали можна розділити на три групи: «сигнал безпеки», «сигнал агресії» (під час боротьби) і «харчові сигнали». Ці сигнали являють собою короточасні імпульси тривалістю від 10 до 100 мікросекунд. Мурахи видають звуки в порівняно широкому діапазоні частот

– від 0,3 до 5 кілогерців.

Види шуму:

1) за характером спектра:

Ø *широкозмуговий* з неперервним спектром шириною більше однієї октави;

Ø *тональний*, у спектрі якого наявні виражені дискретні тони;

Зверніть увагу! Тональний характер шуму для практичних задач установлюють вимірюванням у трьох октавних смугах частот із перевищенням рівня звукового тиску в одній смузі над сусідніми не менше ніж на 10 Дб.

2) за часовою характеристикою:

Ø *постійний* – рівень звуку якого за 8-годинний робочий день (робочу зміну) змінюється у часі не більше ніж на 5 дБА при вимірюванні на часовій характеристиці «повільно» шумоміру;

Ø *непостійний* – рівень звуку якого за 8-годинний робочий день (робочу зміну) змінюється у часі більше ніж на 5 дБА при вимірюванні на часовій характеристиці «повільно» шумоміру;

3) за гармонійною характеристикою:

Ø *коливальний*, рівень звуку якого неперервно змінюється;

Ø *переривчастий*, рівень звуку якого ступенево змінюється (на 5 дБА і більше), причому тривалість інтервалів, протягом яких рівень залишається постійним, дорівнює 1 с і більше;

Ø *імпульсний* – складається із одного або декількох звукових сигналів довжиною менше 1 с, при цьому рівні звуку, виміряні в дБА і дБА відповідно на часових характеристиках «імпульс» і «повільно» шумоміра, відрізняються не менше ніж на 7 дБ;

4) за походженням (аеродинамічні, механічні, електричні шуми).

Вібрація – малі механічні коливання, які виникають у пружних тілах або тілах, що знаходяться під впливом змінного фізичного поля.

Зверніть увагу! Термін «вібрація» відноситься тільки до механічних коливань, але не будь-які механічні коливання прийнято називати вібрацією. Можна виділити деякі ознаки, які виділяють вібрацію у класі механічних коливань.

1. Відносно малі відхилення тіла або його точок при механічних коливаннях (передбачаються малі відхилення по відношенню до характерних розмірів тіла).

Наприклад: вібрає корпус літака, ручний електроінструмент і т.д., але не можна говорити, що коливання маятника (теж механічні коливання) – це також вібрація.

2. Друга ознака вібрації – частота, тобто число циклів уперед – назад, що здійснюється тілом або його окремими точками за одиницю часу. Зазвичай вібрація здійснюється з більшою частотою, ніж коливання.

Наприклад: коливання судна при качці мають великі відхилення при малій частоті, а вібрація обшивки корпусу – малі відхилення при великій частоті. Але частота при малих відхиленнях не завжди характерна для вібрації («низькочастотна вібрація» – по відношенню до пружної підвіски автомобіля).

3. Третя ознака вібрації відноситься до фізичної характеристики об'єкта, який

вібрує, і природи виникнення процесу.

- ✓ Вібрації піддані пружні тіла – стрижні мембрани, пластини, оболонки та інші, тобто вібрація – це «малі» коливання пружних тіл.

Наприклад: вібрує під фундаментом основа, яка володіє пружними властивостями; вібрують опори ліній електропередач, що являють собою металічні конструкції з пружними властивостями; вібрують пружні труби, по яких тече рідина, і т.д.

- ✓ Вібрації піддані тіла, які знаходяться у полі змінних електромагнітних сил, на основі чого влаштовано багато електромагнітних збудників вібрації.
- ✓ Вібрують частинки сипучих тіл у штучно створеному полі змінних сил тертя на вібруючій платформі.
- ✓ Вібрують корпуси електричних генераторів, трансформаторів під дією змінних електромагнітних сил.

Вплив вібрації на організм людини (вібраційна хвороба):

- 1) зміни у нервовій системі і кісткових тканинах;
- 2) зниження гостроти зору;
- 3) зміна ритму серцевих скорочень, кров'яного тиску;
- 4) порушення рівноваги основних нервових процесів;
- 5) головний біль, запаморочення, поганий сон.

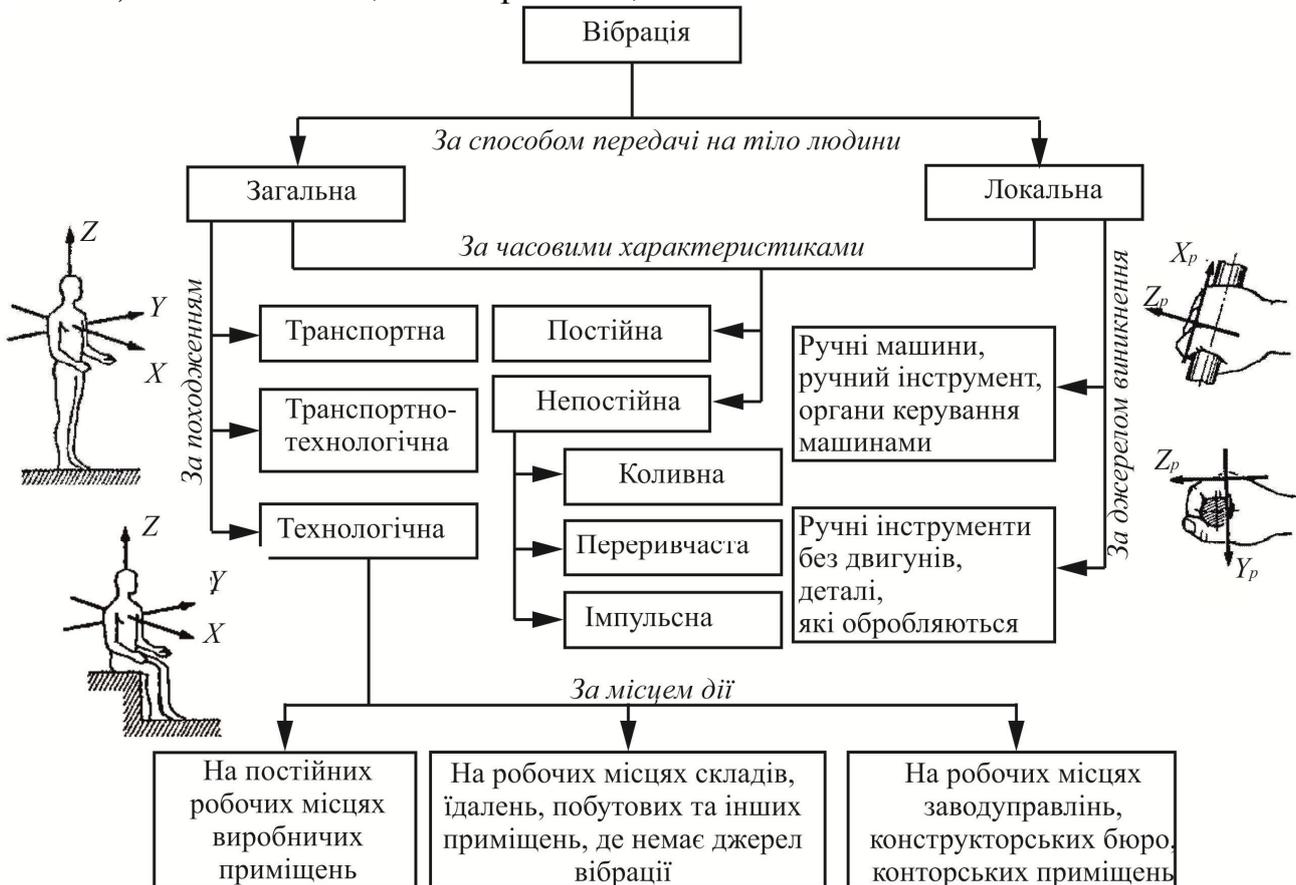


Рис. 7.1. Класифікація вібрації

Види вібрації:

- 1) за зоною поширення (передача на тіло людини):

Ø загальна – передається через опорні поверхні сидячої чи стоячої людини;

Ø локальна – виникає під час роботи з ручним механізованим інструментом;

- 2) за направленням (вертикальна, горизонтальна);
- 3) за походженням:
 - Ø *транспортна* – виникає під дією шляхово-будівельних машин;
 - Ø *транспортно-технологічна* – з'являється при роботі екскаваторів, кранів;
 - Ø *технологічна* – утворюється під час роботи стаціонарного обладнання – станків, пресів, вентиляторів.

7.2. Основні параметри, принципи розрахунку, вимірювання і нормування вібрації

Основою розрахунку параметрів шумів і вібрацій є теорія коливань і акустики.

Колівання – це процес, який характеризується деякою зміною стану, тобто зміною в часі величин, що визначають цей стан. Процес коливань полягає у тому, що деяка величина, зазвичай скалярна (тобто числова), пов'язана з об'єктом, який розглядається, періодично то збільшується, то зменшується у часі.

Існують коливання різної фізичної природи: електричні, теплові, механічні.

Механічні коливання – процес зміни будь-якої механічної величини (числа), котра визначає положення матеріального тіла або його точки, при якому ця величина або величина, що характеризує швидкість її зміни, періодично то збільшується, то зменшується у часі.

Зверніть увагу! Це визначення в окремих випадках може виявитися неповним. Наприклад, при русі матеріальної крапки, що задається трьома декартовими координатами, може виявитися, що одна з координат то зростає, то убуває, а дві інші не мають цієї властивості. У такому разі необхідне додаткове уточнення.

Так, можлива така ситуація, при якій рух точки складається з неколивального руху й коливального, причому в сумарному русі координати точки не задовольняють умови коливань. У цьому випадку потрібно шукати ознаку коливань у швидкості зміни координати.

Існує й таке визначення коливань, у якому вказується лише на послідовне проходження крапки через положення рівноваги. Це визначення стосується обмеженої області коливань, коливань нескладних, що складаються з монотонних і неперіодичних рухів. Крім того, положення рівноваги не завжди буває єдиним і сталим (як, наприклад, у пружних системах).

NON MULTA, SED MULTUM

Теорія коливань – це галузь науки, пов'язана з математикою, механікою й загальною фізикою. У створенні й розвитку теорії коливань брали участь багато вчених.

Основи науки про механічні коливання закладені класиками механіки – І. Ньютоном, Л. Ейлером і Ж-Л. Лагранжем.

Великий внесок у теорію механічних коливань вніс нідерландський учений – теоретик в області механіки й відомий годинник майстер Християн Гюйгенс (1629 – 1695), який вивчав поведінку різних маятників, створив ізохронний циклоїдальний маятник, уперше спостерігав самосинхронізацію зв'язаних коливальних систем (маятників).

Значно пізніше, у ХІХ сторіччі, англійський учений Дж. У. Стрет (лорд Релей, 1842 – 1919) створив систематичне вчення про форми коливань, їх загасання. Він докладно досліджував вібрацію пластин і оболонок.

Велика заслуга у вивченні коливань знаменитого французького математика й фізика А. Пуанкаре (1854 – 1912). Йому належить ідея якісного аналізу коливальних систем за допомогою зображення руху на фазовій площині. Він зв'язав це зображення з фактами періодичних і неперіодичних рухів, стійкості й т.д. Ця ідея знайшла широке поширення у теорії коливань. Йому ж належить заслуга математичного аналізу складних лінійних коливань, які він представив у вигляді безлічі простих лінійних коливань.

Значна роль російської школи теорії коливань. Найбільш загальне вчення про стійкість руху створив О. М. Ляпунов (1857 – 1918).

Великий внесок у створення й розвиток сучасних методів теоретичного аналізу коливальних систем внесли радянські вчені Л. І. Мандельштам (1879 – 1944), М. Д. Папалексі (1880 – 1947), О. О. Андронов (1901 – 1952), М. М. Крилов (1879 – 1955). Це було старше покоління вчених, що заклало основи радянської науки про коливання й одночасно поширило її на область радіотехніки. Наступним поколінням теоретиків – М. М. Боголюбовим, Ю. О. Митропольським й іншими – створені ефективні методи аналізу коливальних систем.

Досить великий внесок у додатки теорії коливань до різних розділів техніки – суднобудування й машинобудування зроблений ученими, серед яких гідне місце займають імена О. М. Крилова (1863 – 1945), С. П. Тимошенка (1878 – 1972), Дж. П. Ден-Гартога, Р. Бішопа, С. Кренделла й інших.

Успішно поєднують теоретичні дослідження й технічні додатки в області теорії коливань радянські вчені В. В. Болотін, І. І. Блехман, Ю. І. Неймарк, Я. Г. Пановко, Р. Ф. Ганієв, В. О. Кононенко (1918 – 1975), М. Я. Кушуль (1911 – 1969) й інші.

Вібрація, як коливальний процес, характеризується **абсолютними та відносними параметрами**.

До основних **абсолютних параметрів** належать:

Ø *період вібрації* (T) – найменший інтервал часу, через який під час періодичної вібрації повторюється кожне значення величини, яка характеризує вібрацію, s ;

Ø *частота вібрації* (f) – величина, обернено пропорційна періоду вібрації, яка показує кількість коливань за одиницю часу точки під час вібрації, $Гц$;

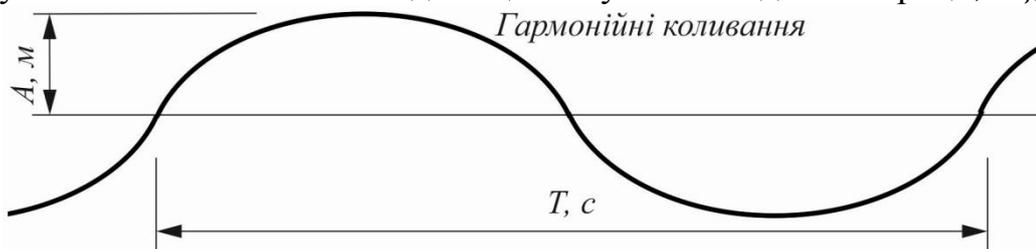


Рис. 7.2. Гармонійні коливання

Ø *кутова частота* $\nu = 2\pi f$, $рад$;

Ø *октавна смуга частот* – діапазон частот, де $f_{верх} = 2 \times f_{нижн}$, звичайно приймаються октави 1;2;4;8;16;31,5;63;125;250;500;1000;2000;4000 і т. п. (Для напівоктавної смуги відношення

$$f_{верх} / f_{нижн} = \sqrt{2};$$

Ø *середньогогеометрична частота* $f_{сг} = \sqrt{f_{верх} \cdot f_{нижн}}$ $Гц$;

Ø *вібропереміщення* (s) – миттєве значення кожної з координат, які описують положення тіла, чи матеріальної точки під час вібрації, м;

Ø *амплітуда вібропереміщення* (A) — найбільше відхилення точки, яка коливається з певною частотою, від положення рівноваги, м;

Ø *віброшвидкість* (v) – кінематичний параметр, що дорівнює швидкості переміщення (перша похідна вібропереміщення) точки, яка коливається з певною частотою, м/с; максимальна швидкість точки на віброуючій поверхні

$$V = 2\rho fA \text{ , м/с;}$$

Ø *віброприскорення* (a) – кінематичний параметр, що дорівнює прискоренню переміщення (друга похідна вібропереміщення) точки, яка коливається з певною частотою, м/с²; максимальне прискорення точки на віброуючій поверхні

$$a_i = (2\rho f)^2 A \text{ , м/с}^2.$$

Оскільки абсолютні параметри, що характеризують вібрацію, змінюються в широких межах, то на практиці частіше використовують **відносні параметри** – рівні, які визначаються відносно опорного (порогового) значення відповідного параметра і вимірюються в децибелах (дБ).

Стандартні опорні значення наступні:

амплітуди вібропереміщення $A_0=8\times 10^{-8}$ м;

віброшвидкості $v_0=5\times 10^{-8}$ м/с;

віброприскорення $a_0=3\times 10^{-4}$ м/с².

Найчастіше для оцінювання вібрації використовують *логарифмічний рівень віброшвидкості* L_v , який визначається за формулою

$$L_v = 20\lg(v/v_0), \text{ дБ,}$$

де v – абсолютне значення віброшвидкості, м/с; v_0 – опорне значення віброшвидкості, м/с.

7.2.1. Вимірювання вібрації

На сьогоднішній день методи вивчення коливань у техніці істотно розвинулися. Ці методи стали застосовувати й при вивченні об'єктів живої природи, зокрема людського організму, наприклад при дослідженні впливу коливань на людину в системі людина-машина або при вивченні тих органів, функціонування яких має явно коливальний характер (серце).

Кожному фахівцеві, що має справу з коливаннями, необхідно володіти теорією коливальних процесів. Оскільки природа коливань різноманітна, треба вміти розпізнавати їх, тому що від цього залежить спосіб боротьби з ними. Без знання теорії неможливо розібратися ні в тому, що відбувається в діючих об'єктах, ні передбачити небажані наслідки коливань, ні вжити заходів для усунення шкідливих коливань, ні використати корисні коливальні процеси для технології.

Нині коливання й вібрацію вивчають у двох напрямках.

1. *Розробка теорії.* Схематизація реальних об'єктів, створення ідеалізованих моделей і застосування законів механіки з відповідним математичним апаратом дозволяють визначити характер того або іншого руху й

описати його математично.

2. *Застосування приладів* для виміру величин, що характеризують фактичний рух того чи іншого об'єкта. Ці прилади дають можливість прямо або побічно вимірювати кінематичні величини – переміщення, швидкості й прискорення окремих точок об'єкта. Об'єктом може бути або реальна машина, літальний апарат, судно, або наземний екіпаж, або їхні фізичні моделі, виконані у певному геометричному масштабі. Виміри дають важливу інформацію про вібраційний стан об'єкта, у тому числі й біологічного, наприклад людини.

Часто потрібно не тільки виміряти переміщення, швидкість і прискорення окремих точок працюючого об'єкта, але й зробити більш загальний висновок про його властивості, побудувати механічну систему, що приблизно описує ці властивості в умовах, коли немає доступу до його внутрішніх, схованих деталей. На основі вимірів вібрації окремих точок об'єкта можна «відновити» його можливу структуру, механічну модель і параметри, його загальні властивості. Цей процес називається ідентифікацією. Вібродіагностика дозволяє на основі вимірів вібрації виявити різні дефекти машини, не порушуючи її структуру.

Варто відмітити, що сама робота із приладами також вимагає знання теорії коливань, оскільки прилади побудовані відповідно до цієї теорії.

7.2.2. Нормування вібрації

Розрізняють гігієнічне та технічне нормування вібрації. При гігієнічному нормуванні регламентуються відповідні умови щодо захисту від вібрації людини, а при технічному – щодо захисту машин, устаткування, механізмів і т. п. від дії вібрації, яка може призвести до їх пошкодження чи передчасного виходу з ладу.

Дія вібрації на організм людини залежить від таких її характеристик: інтенсивності, спектрального складу, тривалості впливу, напрямку дії. Гігієнічна оцінка вібрації, що діє на людину у виробничих умовах, здійснюється за допомогою *таких методів*:

- частотного (спектрального) аналізу її параметрів;
- інтегральної оцінки за спектром частот параметрів, що нормуються;
- дози вібрації.

При частотному (спектральному) аналізі параметрами, що нормуються, є середні квадратичні значення (квадратний корінь із середнього арифметичного квадрата значення в певному інтервалі часу) віброшвидкості $V_{CK} = \sqrt{V_1^2 + K + V_n^2/n}$ [м/с] та віброприскорення a , або їх логарифмічні рівні у дБ в діапазоні октавних смуг із середньгеометричними частотами:

— 1,0; 2,0; 4,0; 8,0; 16,0; 31,5; 63,0 Гц — для загальної вібрації;

— 8,0; 16,0; 31,5; 63,0; 125,0; 250,0; 500,0; 1000,0 Гц — для локальної вібрації.

При використанні методу інтегральної оцінки за спектром частот параметром, що нормується, є коректоване значення віброшвидкості чи віброприскорення (U), що вимірюється за допомогою спеціальних фільтрів або обчислюється за формулами, наведеними в ДСН 3.3.6.039-99.

При дії непостійної вібрації (крім імпульсної) параметром, що нормується, є **вібраційне навантаження** (доза вібрації, еквівалентний коректований рівень), одержане робітником протягом зміни та зафіксоване спеціальним приладом або обчислене для кожного напрямку дії вібрації (X , Y , Z) за формулою

$$D = \int_0^t \dot{U}^2(t) dt ,$$

або

$$L_{кор.екв} = L_{кор} + 10 \lg(t/t_{зм}),$$

де $U(t)$ — коректоване по частоті значення параметра вібрації в момент часу t , m/s^2 або m/s ; t – час дії вібрації, год; $t_{зм}$ – тривалість зміни, год.

При дії імпульсної вібрації з піковим рівнем віброприскорення від 120 до 160 дБ параметром, що нормується, є *кількість вібраційних імпульсів* за зміну (годину), залежно від тривалості імпульсу (таблиця в ДСН 3.3.6.039-99).

Гігієнічні норми вібрації, яка впливає на людину у виробничих умовах, встановлені для тривалості 480 хв (8 год). При дії вібрації, яка перевищує гранично допустимий рівень, сумарний час її дії протягом робочої зміни повинен бути меншим.

7.3. Основні параметри, принципи розрахунку, вимірювання і нормування шумів

Людина живе у світі звуків. Звук із фізичної точки зору являє собою механічні коливання, які поширюються у пружному середовищі, – звукову хвилю. Звукова хвиля характеризується такими фізичними величинами: швидкістю звуку c , m/s ; частотою f , $Гц$; звуковим тиском p , $Па$ та інтенсивністю I , $Вт/м^2$.

Ø *Швидкість звуку* залежить від характеристики середовища, в якому поширюється звукова хвиля. Чим більш пружним є середовище, тим більша швидкість розповсюдження звуку. У газоподібному середовищі швидкість звуку дорівнює

$$c = \sqrt{\chi P / \rho} ,$$

де χ – показник адіабати ($\chi = 1,44$); P , ρ – тиск та густина газу (відповідно).

При нормальних атмосферних умовах ($T = 293 K$ та $P = 1034 кПа$) швидкість звуку в повітрі дорівнює $c = 344 м/с$.

При підвищенні температури повітря на $1^\circ C$ швидкість звуку збільшується приблизно на $0,61 м/с$. Залежність швидкості звуку у повітрі від температури може бути виражена наступним чином:

$$C = C_0 \sqrt{\frac{t}{273}} + \frac{t}{273} \frac{1}{\rho} ,$$

де C_0 – швидкість звуку при $t=0^\circ C$ ($333 м/с$); t – температура повітря, $^\circ C$.

У денний час температура знижується з висотою, тому виникає рефракція звукового променя вгору, і навпаки, вночі при тихій погоді звукові промені притискаються до землі.

NON MULTA, SED MULTUM

Рефракція звуку – скривлення звукових променів у неоднорідному середовищі (атмосфера, океан), у якому швидкість звуку залежить від координат.

Звукові промені направлені завжди до шару з меншою швидкістю звуку, і рефракція виражається тим сильніше, чим більше градієнт швидкості звуку.

В атмосфері рефракція обумовлюється просторовими змінами температури повітря, швидкості й напрямку вітру.

З висотою температура звичайно знижується (до висот 15...20 км) і швидкість звуку зменшується, тому промені від джерела звуку, що перебуває поблизу земної поверхні, заломлюються догори й звук, починаючи з деякої відстані, перестає бути чутним. Якщо ж температура повітря з висотою збільшується (температурна інверсія, що часто виникає вночі), то промені заломлюються донизу й звук поширюється на більші відстані. При поширенні звуку проти вітру промені заламуються догори, а при поширенні за вітром – до земної поверхні, що істотно поліпшує чутність звуку. Рефракція звуку у верхніх шарах атмосфери може привести до утворення зон мовчання й зон аномальної чутності.

Ø **Частота звуку** визначається кількістю коливань пружного середовища за одиницю часу і вимірюється в герцах (1 Гц — це одне коливання за секунду).

Ø Швидкість розповсюдження звукової хвилі, її довжина l і частота коливань f пов'язані між собою співвідношенням

$$l = \frac{c}{f}.$$

Зверніть увагу! Порівняно зі світлом звук характеризується більшою довжиною хвилі.

Ø Повітряний простір, в якому поширюються звукові хвилі, називається *звуковим полем*. У результаті коливань, що генеруються джерелом звуку, в повітрі виникає звуковий тиск, який накладається на атмосферний. Різницю між атмосферним тиском і значенням повного тиску в даній точці звукового поля прийнято вважати *звуковим тиском* P , Па.

Звуковий тиск змінюється обернено пропорційно до відстані від джерела звуку:

$$P = P_x \frac{\partial x}{\partial r} = (const) \frac{l}{r},$$

де P і P_x – звуковий тиск відповідно на відстані r і r_x від джерела звуку.

Ø Поширення звукової хвилі супроводжується перенесенням звукової енергії. Середній потік звукової енергії в будь-якій точці середовища за одиницю часу, віднесений до одиниці поверхні, перпендикулярно до напрямку поширення хвилі, називається *інтенсивністю*, або *силою звуку*, в даній точці I і вимірюється в $Вт/м^2$. Співвідношення між інтенсивністю звуку I та звуковим тиском P має наступний вигляд:

$$I = \frac{P^2}{r' c}, \text{ Вт/м}^2,$$

де P – середньоквадратична величина звукового тиску, Па ; ρ – щільність середовища, кг/м^3 ; c – швидкість звуку в заданому середовищі м/с .

Величина I називається *питомим акустичним опором середовища*.

Джерело звуку у вільному просторі характеризується звуковою потужністю W , частотним спектром і фактором спрямованості Φ .

Ø Звуковою потужністю джерела W називається кількість звукової енергії, яку випромінює джерело шуму в навколишній простір за одиницю часу:

$$W = \oint I_n dS, \text{Вт},$$

де S – площа середовища, яке оточує джерело звука, м^2 ; I_n – інтенсивність звуку у напрямку нормалі до елемента поверхні, Вт/м^2 .

Ø Спрямованість випромінювання звуку характеризується фактором спрямованості Φ :

$$\Phi = \frac{P_r^2}{P_{cp}^2},$$

де P_r – звуковий тиск, виміряний на певній відстані r від джерела у заданому напрямку; P_{cp} – звуковий тиск, усереднений за усіма можливими напрямками на тій же відстані r .

Для точкового джерела фактор спрямованості дорівнює 1. Інтенсивність звуку можна визначити у вигляді

$$I = \frac{W\Phi}{W' r^2},$$

де r – відстань від джерела до точки вимірювання, м ; W' – тілесний кут вимірювання, *стерадіан* (у вільному просторі $W'=4\pi$; у на півпросторі $W'=2\pi$).

Мінімальні значення звукового тиску та інтенсивності звуку, які сприймаються органом слуху людини як звук, називаються *порогом чутності*.

Зверніть увагу! *Поріг чутності* – найменше значення звукового тиску конкретної частоти звукової хвилі, яке ще може сприймати людське вухо.

При частоті звуку $f = 1000 \text{ Гц}$, яка прийнята базовою в акустиці, поріг чутності має наступні значення: $P_0 = 2 \times 10^{-5} \text{ Н/м}^2$, $I_0 = 10^{-12} \text{ Вт/м}^2$, цей поріг чутності вважають початковим, нульовим рівнем гучності в 0 децибел.

Звуковий тиск ($P_0 = 20 \text{ Н/м}^2$) та інтенсивність звуку ($I_0 = 1 \text{ Вт/м}^2$), при яких починають виникати больові відчуття в органі слуху людини, називають *порогом больового відчуття*.

Великий діапазон значень між порогами чутності та больового відчуття (за звуковим тиском – 10^6 , а за інтенсивністю звуку – 10^{12}) викликав чималі труднощі при їх практичному використанні. Тому від абсолютних значень параметрів звуку P та I перейшли до відносних значень — *рівнів* (L), застосувавши при цьому логарифмічну шкалу згідно із законом Вебера – Фехнера

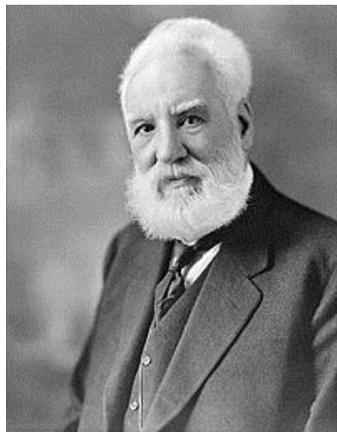
$$L = 10 \lg \frac{I}{I_0} = 20 \lg \frac{P}{P_0}; (\text{дБ}),$$

де I, P – відповідно інтенсивність звуку та звуковий тиск у заданій точці;
 I_0, P_0 – інтенсивність звуку та звуковий тиск на порозі чутності.

Зверніть увагу! У середині XIX століття німецький фізик Г. Т. Фехнер вивів закон сприйняття, згідно з яким величина відчуження органів чуття людини, в тому числі й чутності, є прямо пропорційною десятковому логарифму відношення інтенсивностей двох подразнювачів, що порівнюються. Це твердження має назву закону Вебера – Фехнера. Тому рівень звуку оцінюється за логарифмічною шкалою не випадково.

NON MULTA, SED MULTUM

Одиниця рівня сили звуку – бел (*B*) названа на честь фізика А. Г. Белла.



Александр Грем Белл (англ. Alexander Graham Bell; 3.03.1847 – 2.08.1922) – американець шотландського походження, вчений і винахідник телефону, запатентував його в 1876, пізніше експериментував з фонографом.

Белл вивчив акустику, фізику людської мови. Він почав ставити досліди з апаратом, в якому мембрана передавала коливання звуків на голку. Так він наближався до ідеї телефону, за допомогою якого «стане можливою передача різних звуків, якщо тільки вдасться викликати коливання інтенсивності електричного струму, відповідні тим коливанням в густині повітря, яку породжує даний звук».

Через деякий час Белл несподівано змінює напрям діяльності і починає працювати над створенням телеграфу для одночасної передачі декількох текстів – «музичного телеграфу» (число текстів було рівне числу нот, тобто 7).

У 1876 році випадковість при роботі над телеграфом допомогла Беллу відкрити явище, яке надихнуло його винайти телефон: коли помічник Белла витягав пластинку з пристрою, що передає, в приймачі Белл почув деренчання. З'ясувалося, що пластинка замикала і розмикала електричний ланцюг. Белл звернув на це явище увагу.

Через декілька днів перший апарат – невелика мембрана з барабанної шкіри з сигнальним рижком для посилення звуку – був зроблений.

Так був створений родоначальник всіх телефонних апаратів. Через декілька років телефон перетворився на масовий засіб зв'язку.

Підставивши у формулу замість I значення I_0 та I_b , одержимо, що інтервал від порогу чутності до порогу больового відчуття становить 120 дБ, що значно зручніше для практичного використання (див. рис 7.3.).

Сприйняття звуку органом слуху людини залежить не лише від його кількісних характеристик (звукового тиску чи інтенсивності), але й від його «якості» (частоти). Тому рівень сили звуку (шуму) та гучність — це різні поняття. *Рівень звуку* – інтегральна оцінка шуму (по всьому частотному спектру) за шкалою «А» шумоміра [< 80 дБА]. *Рівень сили звуку* визначає лише фізичну величину сили звуку незалежно від його частотної характеристики. *Рівень гучності* враховує ще й фізіологічні особливості сприйняття, тобто різну чутливість органа слуху до звуків різної частоти. Найбільш чутливе наше вухо до звуків частотою $2000...4000$ Гц.

Рівень гучності визначається шляхом порівняння зі звуком частотою 1000 Гц, для якого рівень сили звуку в децибелах прийнято за рівень гучності у фонах.

В області низьких частот рівень гучності звуку змінюється значно швидше, ніж рівень сили звуку. У міру зростання сили звуку криві рівної гучності все більше наближаються до прямої лінії, а при рівнях вище 80 фон чутність звуку визначається лише його силою, незалежно від частоти.

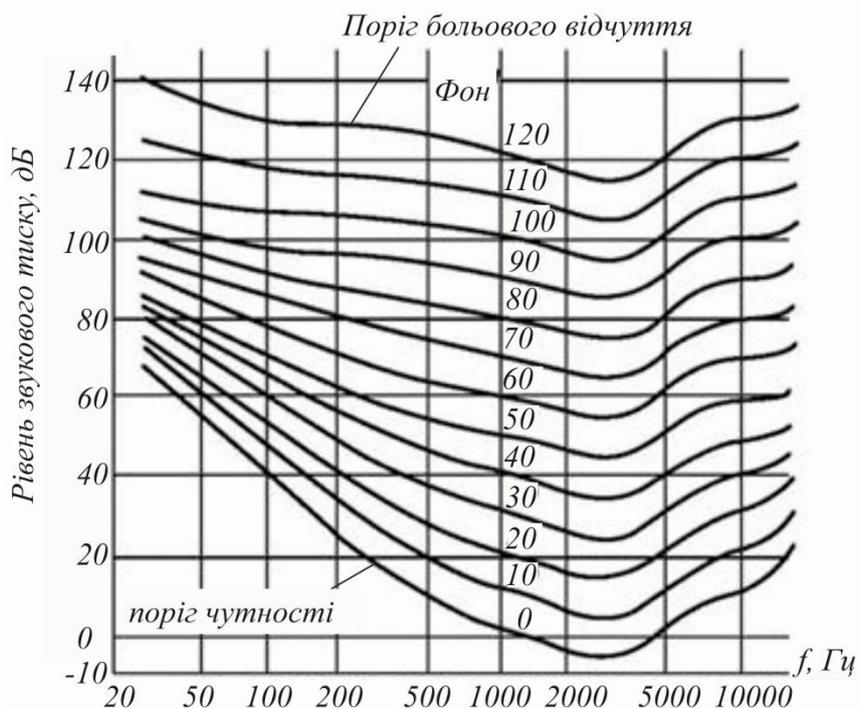


Рис. 7.3. Залежність рівня гучності від звукового тиску і частоти

Несприятливий вплив шуму на людину залежить не тільки від рівня звукового тиску, а й від частотного діапазону шуму, а також від рівномірності його впливу впродовж часу. Кожне джерело шуму може бути представлене своїми утворюючими тонами у вигляді залежностей рівня звукового тиску від частоти (частотним спектром шуму або просто спектром). Спектри шумів можуть бути лінійчастими (дискретними), суцільними та змішаними. Більшість джерел шуму на підприємствах мають змішаний або суцільний спектр. При оцінюванні та аналізі шумів, а також при проведенні акустичних розрахунків, весь діапазон частот поділяють на смуги певної ширини.

Для розрахунку рівня гучності L (рівня шуму) використовують математичні формули, що випливають із закону Вебера – Фехнера, за яким вухо людини (та й усі інші органи чуття) оцінює зовнішнє подразнення у логарифмічному масштабі.

У приміщеннях, в яких знаходяться кілька джерел шуму, загальний його рівень визначається за формулами (7.1) та (7.2).

Якщо в приміщенні знаходиться n однакових джерел з рівнем шуму кожного L , то сумарний рівень $L_{\text{сум}}$ у рівновіддаленій від джерел точці приміщення дорівнює

$$L_{\text{сум}} = L + 10 \lg n, (\text{дБ}). \quad (7.1)$$

При одночасній дії двох різних джерел з рівнями сили шуму L_1 та L_2 сумарний рівень дорівнює

$$L_{\text{сум}} = L_1 + \mathbf{DL}, \quad (\text{дБ}), \quad (7.2)$$

де L_1 – більший із двох рівнів сили шуму;

\mathbf{DL} – значення добавки (визначається згідно з таблицею 7.2).

Таблиця 7.2

Величини для визначення рівня звукової потужності L_p
або рівня звукового тиску L

Різниця двох рівней, які підсумовуються, дБ	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	15	20
Добавка до більш високого рівня, необхідна для одержання сумарного рівня, дБ	3	2,5	2	1,8	1,5	1,2	1	0,8	0,6	0,5	0,4	0,2	0

При більшому ніж 2 числі джерел шуму підсумовування за формулою (7.2) проводиться послідовно від найбільшого до найменшого. Спочатку визначається різниця двох рівнів, які складаються, потім визначається добавка до більшого рівня. Після цього добавку необхідно додати до більшого із рівнів, які складаються.

Рівень шуму, що створює транспортний потік, залежить від швидкості руху автотранспорту, щільності потоку, типу автомобілів й оцінюється за емпіричною формулою

$$L = 44,4 + 0,268 \nu + 10 \lg \frac{N_1 + 4N_2 + 8N_3}{\nu} + \sum_{i=1}^n \mathbf{a} P_i,$$

де N_1, N_2, N_3 – відповідно кількості легкових автомобілів, вантажівок із карбюраторними і вантажівок із дизельними двигунами, які проходять повз місце спостереження протягом однієї години; ν — швидкість транспортного потоку, км/год; $\sum_{i=1}^n \mathbf{a} P_i$ – сума поправок, які враховують особливості розташування досліджуваної території (у першому наближенні поправками можна знехтувати).

NON MULTA, SED MULTUM

Автомобільний транспорт, окрім фізичного й хімічного забруднення (пил, отруйні хімічні речовини), спричиняє шкідливе для людини шумове забруднення довкілля. Воно особливо помітне поблизу автомагістралей з інтенсивним рухом. Рівень шуму, створеного щільним транспортним потоком, залежить від: 1) швидкості руху; 2) інтенсивності руху (кількості одиниць автотранспорту, що проходить повз місце спостереження за одиницю часу); 3) типу автомобілів та їхнього технічного стану. Проблема планування й оптимізації транспортних потоків — одна з найскладніших у сучасному містобудуванні. Її розв’язання вимагає: 1) правильного розташування автомагістралей відносно житлових та виробничих міських зон; 2) винесення найбільш інтенсивних потоків вантажного транспорту за межі міста на ізольовані кільцеві дороги; 3) якісного покриття проїжджої частини дороги; 4) спорудження вздовж автомагістралей захисних шумопоглинаючих екранів тощо.

У великих містах уздовж автодоріг із найбільш інтенсивним рухом на відстані 10 – 20 метрів від них розташовують природні (чагарники, невеликі дерева) або штучні протишумові

бар'єри. На відстані до 30 метрів від краю проїжджої частини дороги розміщують тільки малоповерхові будівлі (як правило, нежитлові). Житлову забудову здійснюють замкнутими або напівзамкнутими кварталами, всередині яких основну шумопоглинаючу роль відіграють зелені насадження. При зведенні будівель з метою зменшення шкідливого впливу шуму використовують шумопоглинаючі оздоблювальні матеріали, склопакети із подвійними чи потрійними рамами.

Дослідним шляхом встановлено, що за рівнем створюваного шуму автотранспорт слід поділяти на три основні групи:

- 1) легкові автомобілі всіх класів;
- 2) вантажні автомобілі, оснащені карбюраторними та інжекторними двигунами;
- 3) вантажні автомобілі, оснащені дизельними двигунами.

Зверніть увагу! Шумове забруднення міст оцінюють за 12-бальною шкалою, наведеною у таблиці 7.3.

Таблиця 7.3

Класифікація рівнів шумового забруднення у містах

Характеристика зони шумового забруднення	Рівень шуму, дБ	Оцінка ступеня шумового забруднення	Примітки
Шумове забруднення відсутнє	до 35	1 бал	Це є звичайним для людини і не турбує її
Дуже слабе шумове забруднення	35...40	2 бали	Допускається вдень у межах жилих кварталів міст
Слабе шумове забруднення	45...50	3 бали	
Незначне шумове забруднення	50...55	4 бали	
Мале шумове забруднення	55...60	5 балів	
Помірне шумове забруднення	60...65	6 балів	
Велике шумове забруднення	65...70	7 балів	
Значне шумове забруднення	70...75	8 балів	При тривалій дії викликає втрату слуху — професійну туговухість
Сильне шумове забруднення	75...80	9 балів	
Небезпечне шумове забруднення	80...85	10 балів	
Дуже небезпечне шумове забруднення	85...90	11 балів	
Особливо небезпечне шумове забруднення	понад 90	12 балів	Потребує використання ЗІЗ

Приклад. Необхідно знайти сумарний рівень для чотирьох джерел шуму, які мають різні рівні звукового тиску: $L_1=105$ дБ; $L_2=100$ дБ; $L_3=111$ дБ; $L_4=104$ дБ.

1. Сумуємо L_1 і L_3 . Різниця рівней, які підсумовуються, $DL=L_{3-1}=111-105=6$ дБ. Визначаємо добавку до більшого рівня, згідно з таблицею 7.2, добавка складає 1 дБ, сумарний рівень $L_{сум1}=111+1=112$ дБ.

2. Сумуємо $L_{сум1}$ і L_4 . Різниця рівней, які підсумовуються, $DL=L_{сум1-4}=112-104=8$ дБ. Добавка до більшого рівня, згідно з таблицею 7.2 складає 0,6 дБ, сумарний рівень одержимо $L_{сум2}=112+0,6=112,6$ дБ.

3. Сумуємо $L_{сум2}$ і L_2 . Різниця рівней, які підсумовуються,

$DL=L_{\text{сум}2-2}=112,6-100=12,6$ дБ. Додаток до більшого рівня, згідно з таблицею 7.2, дорівнює 0,3 дБ.

Сумарний рівень одержимо $L_{\text{сум}}=112,6+0,3=112,9$ дБ.

Примітка. Якщо різниця рівнів сили шуму двох джерел є більшою ніж 6...8 дБ, то рівнем сили шуму меншого з них можна знехтувати.

Приклад. Розрахуйте сумарний рівень шуму, створений $N = 10$ мовцями, кожний з яких окремо створює шум, що дорівнює $L_1 = 65$ дБ.

$$L_{\text{сум}} = 65 + 10 \lg 10 = 65 + 10 = 75, \text{ дБ.}$$

Приклад. Який рівень шуму L при швидкості руху $v = 60$ км/год створює транспортний потік, у котрому повз місце спостереження щогодини проїздить $N=345$ автомобілів, серед яких відносна частка легковиків дорівнює $K_1= 87 \%$, відносна частка вантажівок, оснащених карбюраторними двигунами, дорівнює $K_2= 4,3\%$, а вантажівок, оснащених дизельними двигунами, $K_3=8,7\%$? Яким є ступінь шумового забруднення довкілля (за 12-бальною шкалою) в цьому випадку?

Розв'язання:

1. Кількість автомобілів кожної групи розраховується так: $N_1= K_1N= 0,87 \times 345 = 300$; $N_2= K_2N= 0,043 \times 345 = 15$; $N_3= K_3N= 0,087 \times 345 = 30$.

2. Рівень шуму, створеного транспортним потоком, дорівнює

$$L = 44,4 + 0,268 \times v + 10 \lg \frac{N_1 + 4N_2 + 8N_3}{v} + \sum_{i=1}^n P_i = 44,4 + 0,268 \times 60 + 10 \lg \frac{300 + 4 \times 15 + 8 \times 30}{60} + 0 = 44,4 + 0,268 \times 60 + 10 \lg 10 = 70,5 \text{ дБ.}$$

Відповідь: $L = 70,5$ дБ. Це шумове забруднення може бути оцінено у 8 балів за 12-бальною шкалою шумового забруднення довкілля.

Нормування шуму

Під час проведення робіт зі зниження рівня шуму при виконанні виробничих процесів, орієнтуватися не на рівні шуму, що викликають подразнення чи втомлення, а на такі допустимі рівні шуму, при яких виключається ймовірність набуття працівником професійних захворювань.

Нормування шуму проводиться відповідно до ДСН 3.3.6.037-99 «Державні санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку».

Нормування шуму проводиться за двома методами: нормування за граничним спектром шуму та нормування рівня звуку в дБА.

1. Перший метод нормування є основним для постійних шумів. Рівні звукового тиску (дБ) нормуються в октавних смугах частот для відповідних робочих місць. Частотний діапазон чутності органа слуху людини розподілений на дев'ять октав із середньгеометричними частотами 31,5; 63; 125;...; 8000 Гц. Сукупність гранично допустимих рівнів звукового тиску в дев'яти октавних смугах частот і є граничним спектром (ГС) шуму. Зі зростанням частоти (більш неприємний шум) допустимі рівні зменшуються. Кожний із граничних спектрів має свій

індекс, наприклад ГС-80, де 80 – допустимий рівень звукового тиску в октавній смузі із середньгеометричним значенням базової частоти 1000 Гц.

2. Нормування шуму за рівнем звуку в дБА засновано на вимірюванні за шкалою А шумоміра, що імітує чутливість органа слуху до шуму різної гучності. Рівень звуку в дБА використовується для орієнтовної оцінки постійного та непостійного шуму, оскільки в цьому випадку є невідомим спектр шуму.

Параметрами непостійного шуму, які нормуються, є еквівалентний рівень шуму (рівень постійного шуму, дія якого відповідає дії фактичного шуму із змінними рівнями за той же час) у дБА та максимальний рівень шуму — у дБА.

Вимірювання рівнів шуму та рівнів звукового тиску

Прилади: шумомір ШМ-1, вимірювач шуму та вібрації ВШВ-003, акустична вимірювальна апаратура фірми КРТ (Німеччина) та «Брюль і К'єр» (Данія).

Принцип вимірювання шуму полягає в наступному: мікрофон для акустичних вимірювань сприймає шум і перетворює механічні коливання в електричні, які підсилюються і, пройшовши коректувальні фільтри та випрямляч, реєструються індикаторним приладом чи осцилографом.



Рис. 7.4. Прилади для вимірювання шуму і вібрації:
а – вимірювач шуму та вібрації ВШВ-003; б – шумомір; в – шумомір ШМ-1-1

В Україні вимірювання шуму регламентується ДСТУ 2325-93 «Шум. Терміни та визначення».

7.4. Технічні засоби й організаційні заходи захисту від шуму та вібрації

7.4.1. Заходи та засоби захисту від шуму

Колективні:

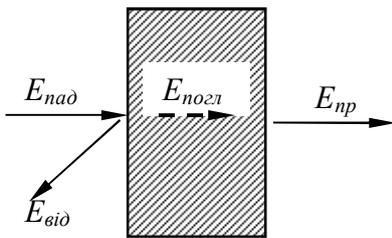
- 1) архітектурно-планувальні – раціональне розміщення обладнання й робочих місць, зон і режимів руху транспортних засобів та вантажопотоків;
- 2) проектно-конструктивні – застосування приладів і технологічних процесів з низьким рівнем шуму, дистанційне керування та контроль машин, удосконалення технології ремонту й обслуговування механізмів, дотримання режиму експлуатації;

3) зменшення шуму у самому джерелі – удосконалення кінематичних схем і конструкцій устаткування; проведення статичного та динамічного зрівноважування і балансування; виготовлення деталей, що співударяються, та корпусних деталей з неметалевих матеріалів (пластмас, текстоліту, гуми);

4) організаційно-технічні – застосування малошумних технологічних процесів та устаткування, оснащення шумного устаткування засобами дистанційного керування, дотримання правил технічної експлуатації, проведення планово-попереджувальних оглядів та ремонтів (звукоізоляція (кожухи, кабіни, перегородки), звукопоглинання (облицювання звукопоглинаючими матеріалами), глушники (активні та реактивні));

5) лікувально-профілактичні – попередній та періодичні медогляди, використання раціональних режимів праці і відпочинку для працівників шумних ділянок та цехів, допуск до «шумних» робіт з 18 років тощо.

Для зменшення шкідливого впливу виробничого шуму на працівників шумних виробництв, послаблення передавання його в сусідні приміщення застосовують звуко- і віброізоляцію, звуко- і вібропоглинання та глушники шуму.



$$a = \frac{E_{\text{від}}}{E_{\text{над}}} \text{ – коефіцієнт звуковідбиття;}$$

$$b = \frac{E_{\text{погл}}}{E_{\text{над}}} \text{ – коефіцієнт звукопоглинання;}$$

$$g = \frac{E_{\text{np}}}{E_{\text{над}}} \text{ – коефіцієнт звукоізоляції.}$$

Метод звукоізоляції – зменшення рівня шуму на шляху його поширення, що реалізується шляхом установаження звукоізоляційних перешкод (перегородок, кабін, кожухів, екранів). Принцип звукоізоляції базується на тому, що більша частина звукової енергії, яка потрапляє на перешкоду, відбивається і лише незначна її частина проникає через неї.

Метод акустичного екранування. Акустичний екран установалюється між джерелом шуму та робочим місцем і являє собою певну перешкоду на шляху поширення прямого шуму, за якою виникає так звана звукова тінь.

«Звукова тінь» виникає внаслідок здатності звукових хвиль до дифракції (огинання перешкод) і залежить від співвідношення розмірів перешкоди та довжини хвилі. Звукова тінь, яка утворилася за встановленим екраном, буде тим більше, чим менше порівнянно з розміром перешкоди довжина звукової хвилі.

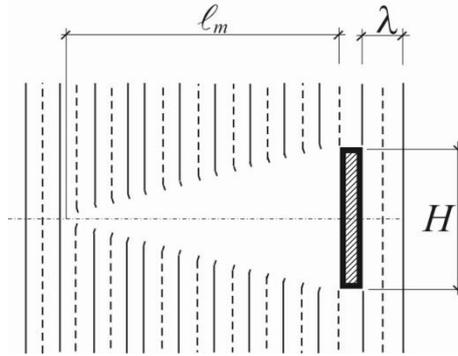


Рис. 7.5. Схема утворення звукової тіні при розповсюдженні плоских звукових хвиль

Теоретично довжину тіні l_m за екраном шириною H можна розрахувати за формулою

$$l_m = \frac{H^2}{4\lambda}.$$

Цю залежність використовують при розрахунку розповсюдження плоских звукових хвиль від лінійного джерела звуку. При цьому довжина звукової хвилі порівняна із шириною екрана. В іншому випадку звукова хвиля буде безперешкодно огинати екран.

Найбільш поширеними для виготовлення екранів є сталеві чи алюмінієві листи товщиною 1...3 мм, які покриваються зі сторони джерела шуму звукопоглинальним матеріалом.

Метод звукопоглинання базується на здатності різних матеріалів поглинати енергію звукових коливань.

Глушники шуму – це ефективний засіб боротьби з шумом аеродинамічного походження, який виникає при роботі вентиляційних систем, пневмоінструменту, газотурбінних, дизельних, компресорних та деяких інших установок.

За принципом дії глушники поділяють на активні, реактивні та комбіновані. У глушників активного типу зниження шуму відбувається внаслідок його затухання в порах звукопоглинального матеріалу. У глушниках реактивного типу шум знижується шляхом відбивання звукових хвиль у системі розширювальних та резонансних камер, що з'єднані між собою за допомогою труб, щілин й отворів. У комбінованих глушниках відбувається як поглинання, так і відбивання шуму.

Індивідуальні засоби захисту: шоломи; беруші та інші.

7.4.2. Заходи та засоби захисту від вібрації

Коллективні:

1. Технічні:

1) *віброізоляція* – улаштування проміжного пружного елемента або повітряного проміжку між вібруючим тілом та контактною поверхнею:

Ø *активна* (зниження вібрації в джерелі її виникнення) – удосконалення джерела вібрації (балансування деталей, вирівнювання шляхів руху транспортних засобів);

Ø пасивна – утворення перешкод на шляхах розповсюдження вібрації.

Ефективність віброізоляції характеризується коефіцієнтом передачі m який показує, яка частка динамічної сили, що збуджується машиною, передається через амортизатори на основу,

$$m = \frac{N_{перед}}{N_{збудж}} = \frac{1}{(f / f_0)^2 - 1},$$

де f – частота вимушених коливань, Гц; f_0 – частота власних коливань, Гц.

Звідси видно, що для одержання малого коефіцієнта передачі необхідно, щоб частота власних коливань була набагато менша, ніж частота вимушених коливань;

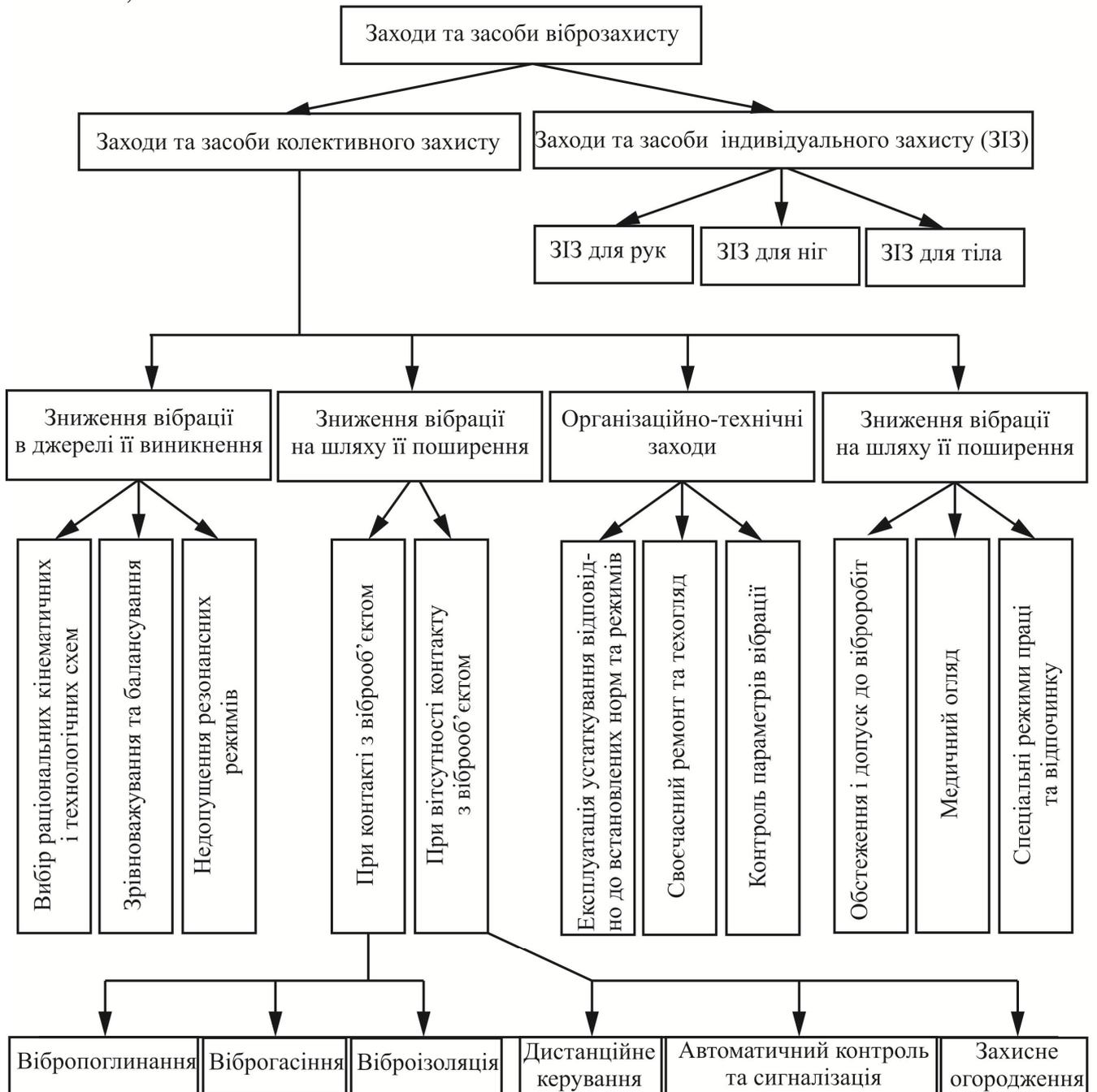


Рис. 7.6. Класифікація заходів і засобів віброзахисту

2) *вібропоглинання* (вібродемпфірування) полягає в штучному збільшенні втрат у коливальній системі, при цьому енергія вібрації перетворюється в теплову. На практиці для цього найчастіше використовують конструктивні матеріали з великим внутрішнім тертям (пластмаси, сплави марганцю та міді, магнієві сплави і т. п.) або наносять на поверхні, що вібрують, шар пружно-в'язких матеріалів, які збільшують внутрішнє тертя в коливній системі (покриття поверхонь, що вібрують, гумою та пружно-в'язкими мастиками на основі полімерів, мащення вузлів та з'єднань);

3) *динамічне віброгасіння* полягає у збільшенні реактивного опору коливної системи. Засоби динамічного віброгасіння за принципом дії поділяються на ударні та динамічні віброгасники. Останні за конструктивною ознакою можуть бути пружинними, маятниковими, ексцентриковими та гідравлічними. Вони зазвичай являють собою додаткову коливну систему, яка встановлюється на агрегаті, що вібрує, масою M та жорсткістю C . Причому маса m та жорсткість c цієї системи підібрані таким чином, що в кожний момент часу збуджуються коливання, які знаходяться у протифазі з коливаннями агрегату.

2. Організаційні

Щорічні медперевірки, оптимальна організація роботи та робочих місць, дотримання режимів праці і відпочинку, застосування профілактичних заходів.

Індивідуальні:

- 1) спеціальне взуття на вібропоглинаючій платформі;
- 2) вібропоглинаючі рукавиці;
- 3) інструмент з віброізолюваними ручками.

ТЕМА 8. ОСНОВИ ЕЛЕКТРОБЕЗПЕКИ НА ВИРОБНИЦТВІ

План лекції

- 8.1. Дія електроструму на організм людини.
- 8.2. Фактори, які визначають небезпеку ураження електричним струмом.
- 8.3. Класифікація приміщень із небезпеки ураження електричним струмом.
- 8.4. Організаційно-технічні засоби та заходи захисту від ураження електричним струмом
 - 8.4.1. Технічні засоби захисту.
 - 8.4.2. Організаційні заходи з електробезпеки.
- 8.5. Атмосферна електрика. Блискавкозахист будівель і споруд.
- 8.6. Статична електрика, виникнення та засоби захисту.

8.1. Дія електроструму на організм людини

NON MULTA, SED MULTUM

Електричний струм – це впорядкований рух заряджених частинок у просторі. У металах та напівпровідниках – це електрони; в електролітах – позитивно та негативно заряджені іони; в іонізованих газах – іони та електрони. За напрямком струму вибирають рух позитивно заряджених частинок. Таким чином, напрямком руху струму в металах протилежний напрямку руху електронів.

Електробезпека – це система організаційних та технічних заходів і засобів, що забезпечують захист людей від шкідливого та небезпечного впливу електричного струму, електричної дуги, електромагнітного поля і статичної електрики.

Електроустановка – сукупність машин, апаратів, ліній та допоміжного обладнання, призначених для виробництва, трансформації, передачі, розподілу електричної енергії та перетворення її в інший вид енергії.

NON MULTA, SED MULTUM

З кожним роком зростає виробництво та споживання електроенергії, а відтак і кількість людей, які в процесі своєї життєдіяльності використовують (експлуатують) електричні пристрої та установки. Тому питання електробезпеки набувають особливої ваги.

Аналіз виробничого травматизму показує, що кількість травм, які спричинені дією електричного струму, є незначною і складає близько 1 %, однак із загальної кількості смертельних нещасних випадків частка електротравм уже складає 20...40% і займає одне з перших місць. Найбільша кількість випадків травматизму, в тому числі із смертельними наслідками, стається при експлуатації електроустановок напругою до 1000 В, що пов'язано з їх поширенням і відносною доступністю практично для кожного, хто працює на виробництві. Випадки травматизму під час експлуатації електроустановок напругою понад 1000 В нечасті, що обумовлено незначним поширенням таких електроустановок і обслуговуванням їх висококваліфікованим персоналом.

Основними причинами ураження електричним струмом є:

- Ø поява напруги на частинах електроустановок та машин, що не знаходяться під напругою у нормальних умовах експлуатації (корпуси, пульти тощо), частіше за все виникає внаслідок пошкодження ізоляції;

- Ø утворення електричної дуги між струмоведучою частиною електроустановки і людиною при напрузі, більшій за 1000 В;
- Ø поява крокової напруги на поверхні землі у результаті замикання струмоведучих проводів на землю;
- Ø наслідки дії атмосферного чи статичного електричного струму;
- Ø неузгоджені або помилкові дії персоналу, відсутність нагляду за електроустановками, порушення експлуатаційних вимог і т. ін.

Серед різноманітних небезпечних виробничих факторів *електричний струм має ряд особливостей*:

1. Відсутність зовнішніх ознак небезпеки ураження електричним струмом. Людина не може завчасно побачити, почути, відчутти чи передбачити можливість ураження.

2. Тяжкість наслідків: утрата працездатності, як правило, буває довгочасною; можливий смертельний випадок.

3. Третя особливість полягає в тому, що струми промислової частоти величиною 10...25 мА можуть викликати інтенсивні судоми м'язів, унаслідок чого виникає так зване «приковування», тобто проявляється ефект невідпускаючого струму. Людина при цьому не може самотійно звільнитися від дії електричного струму.

4. Ураження виникає з такою швидкістю, що людина не спроможна самотійно звільнити себе від струмопровідних частин, при цьому спрацьовує невідповідність швидкості дії впливу та швидкості рефлексів людини.

5. Можливість виникнення механічних ушкоджень після ураження електричним струмом. Наприклад, падіння з висоти, розриви м'язів, шкіри, судин та ін.

Зверніть увагу! Людське тіло, яке складається з великої кількості клітин, різних за своєю будовою і складом, є провідником електричного струму. Живі клітини містять значну кількість розчинів та солей. Відмінності у будові й наявності цих речовин визначає їх різний електричний опір.

Розрізняють термічну, електролітичну і біологічну дію струму на організм людини.

Термічна дія проявляється в опіках різного ступеня, пошкодженні судин, серця, мозку та інших органів, що викликає в них функціональний розлад.

Електролітична дія виражається у здатності електричного струму розкладати органічну рідину, в тому числі й кров, що викликає значну зміну її фізико-хімічного складу, а також тканини в цілому.

Біологічна дія проявляється головним чином у порушенні внутрішніх біоелектричних процесів (біострумів), характерних для нормально діючого організму та тісно пов'язаних із його життєвими функціями.

Зверніть увагу! Дія електричного струму на організм людини може бути прямою і рефлекторною, тобто через нервову систему. Електричний струм, який проходить через тіло людини, подразнює, а потім збуджує живі тканини організму, що може супроводжуватися невимушеним судорожним скороченням м'язів і в деяких випадках приводити до повної зупинки діяльності органів дихання та кровообігу.

Розрізняють **види враження** електричним струмом:

- Ø електричні травми;
- Ø електричні удари;
- Ø електричний шок.

Електрична травма – це місцеве ушкодження тканин та органів електричним струмом, електричною дугою чи електромагнітним полем.

Електротравматизм – сукупність електротравм.

До електричних травм відносять: опіки, електрометалізацію шкіри, враження очей дією на них електричної дуги.

1. **Електричний опік** – це ушкодження поверхні тіла чи внутрішніх органів під дією електричної дуги або великих струмів, що проходять через тіло людини.

Електричні опіки бувають двох видів: контактний (струмовий) і дуговий.

- † **Контактний опік** – це опік, який обумовлений проходженням струму безпосередньо через тіло людини у результаті доторкання до струмопровідної частини.

Зверніть увагу! *Контактний опік* є наслідком перетворення електричної енергії в теплову (найчастіше це опіки шкіри, оскільки шкіра людини має в багато разів більший електричний опір, ніж внутрішні органи людини).

Струмові опіки виникають при роботі в електроустановках відносно невеликої напруги (не вище 1...2 кВ) і є у більшості випадків опіками I або II ступеня (інколи виникають і важкі опіки).

- † **Дуговий опік** зумовлений дією на тіло електричної дуги, яка має високу температуру (близько 3500 °С) та велику енергію.

Зверніть увагу! Електрична дуга виникає при високих напругах між струмопровідною частиною й тілом людини або між струмопровідними частинами. Такий опік III або IV ступеня зазвичай виникає при роботі в електроустановках високої напруги і носить важкий характер.

2. **Електроофтальмія** – це запалення зовнішніх оболонок очей, що виникає під дією потужного потоку ультрафіолетового випромінювання.

Зверніть увагу! Таке опромінення можливе при утворенні електричної дуги (при короткому замиканні), яка інтенсивно випромінює не тільки видиме світло, але й ультрафіолетові та інфрачервоні промені.

NON MULTA, SED MULTUM

Електроофтальмія проявляється через 2...5 годин після ультрафіолетового опромінення. При цьому спостерігається почервоніння і запалення слизових оболонок повік, гнійні виділення із очей, спазми повік і часткове засліплення. Постраждалий відчуває сильний головний біль і різкий біль в очах, який підсилюється під дією світла, у нього виникає так звана світлобоязнь.

У важких випадках запалюється рогова оболонка очей і порушується її прозорість, розширюються судини рогової і слизової оболонок, зростає зрачок. Захворювання триває декілька днів.

3. **Механічні пошкодження** виникають унаслідок різких невимушених судорожних скорочень м'язів під дією струму, який проходить через тіло людини. У результаті можливі розриви шкіри, кровоносних судин і нервової тканини, а також вивихи суглобів та навіть переломи кісток.

4. **Електричний знак** – це чітко обмежена пляма ($A \approx 1 \dots 5 \text{ мм}$) сірого чи блідо-жовтого кольору, що з'являється на поверхні шкіри людини, яка зазнала дії струму; уражена ділянка шкіри затвердіває і стає схожою на мозоль.
5. **Електрометалізація шкіри** – проникнення в шкіру частинок металу в результаті його розбризкування або випаровування під дією струму, наприклад при горінні електричної дуги.

Електричний удар – це збудження живих клітин організму під дією електричного струму, що проходить через них, яке супроводжується невимущеним судорожним скороченням м'язів.

Зверніть увагу! Зовнішніх місцевих ушкоджень, тобто електротравм, людина при цьому може і не мати.

Залежно від результату ураження *електричні удари* можуть бути умовно розділені на *чотири ступеня*:

- I ступінь** – судорожне скорочення м'язів без втрати свідомості;
- II ступінь** – судорожне скорочення м'язів з втратою свідомості, але із збереженням дихання та серцебиття;
- III ступінь** – втрата свідомості й порушення серцевої діяльності чи дихання (або того та іншого разом);
- IV ступінь** – клінічна смерть, тобто відсутність дихання і кровообігу зі збереженням можливого подальшого відновлення цих функцій.

Зверніть увагу! Слід розрізняти поняття клінічної і біологічної смерті. У здорових людей, які піддалися впливу електричного струму, тривалість клінічної смерті триває приблизно 7...8 хв. За цей період засобами сучасної медицини (реанімація) можливе оживлення організму. Після цього проміжку часу у клітинах і тканинах організму виникають незворотні зміни, тобто настає біологічна смерть.

Електричний шок – своєрідна реакція нервової системи організму на сильне подразнення електричним струмом: розлад кровообігу, дихання, підвищення кров'яного тиску.

Зверніть увагу! *Шок має дві фази*: 1 – фаза збудження; 2 – фаза апатії та виснаження нервової системи. У другій фазі збільшується пульс, сповільнюється дихання, виникає пригнічений стан і повна байдужість до навколишніх подій при збереженні свідомості. Шоковий стан може тривати від декількох десятків хвилин до доби, після чого організм гине.

8.2. Фактори, які визначають небезпеку ураження електричним струмом

Результат дії електричного струму на організм людини залежить від ряду факторів:

- Û роду та сили струму;
- Û частоти змінного струму;
- Û напруги;
- Û опору організму людини;
- Û часу дії струму;
- Û площі контакту тіла людини зі струмом;

- Û шляху проходження струму через організм;
- Û індивідуальних особливостей постраждалого;
- Û зовнішнього середовища.

Рід та сила струму – основний чинник, який обумовлює наслідки враження електричним струмом.

Розрізняють **три основні порогові значення сили струму**:

1) **пороговий відчутний струм** – найменше значення електричного струму, що викликає при проходженні через організм людини відчутні подразнення (змінний струм – $0,5...1,5$ мА; постійний струм – $5...7$ мА);

2) **пороговий невідпускаючий струм** – найменше значення електричного струму, яке викликає судорожні скорочення м'язів руки, в котрій затиснутий провідник (змінний струм – $6...10$ мА; постійний струм – $50...80$ мА);

3) **пороговий фібриляційний струм** – найменше значення електричного струму, котре викликає при проходженні через тіло людини фібриляцію серця, тобто призводить до безладного, аритмічного скорочення серцевих м'язів – необоротного розладу серцевої діяльності, зупинки серця та припинення кровообігу, що у свою чергу викликає параліч дихання (змінний струм – $80...100$ мА; постійний струм – 300 мА).

Зверніть увагу! За даними досліджень проф. П.О. Доліна, більш небезпечним при напрузі до 500 В є змінний струм, при більш високих напругах постійний струм стає більш небезпечним.

Чим більший струм проходить через тіло людини, тим більшою є небезпека враження (виходячи із закону Ома для ділянки кола, $I_n = U_n / R_n$).

NON MULTA, SED MULTUM

Величина $I = Dq/Dt$ називається **силою струму** і відповідає кількості заряду, переміщеному через перетин провідника за одиницю часу.

У системі СІ сила струму вимірюється в **амперах, А**.

Якщо за кожен проміжок часу Δt заряд Δq однаковий і напрямок струму незмінний, то такий струм називають **постійним**.

У випадку, коли ці величини змінні, силу струму описують наступним чином:

$$I = \lim_{D \rightarrow 0} \frac{Dq}{D} = \frac{dq}{dt} = q\phi \text{ такий струм називають змінним.}$$

Напруга істотно впливає на силу струму враження, тому що від нього залежить можливість пробиття рогового шару шкіри, що веде до різкого зниження загального опору тіла.

Відносно безпечною для людини вважається напруга $12...36$ В залежно від навколишнього середовища.

Струм *напругою*, вищою ніж 36 В, вважається небезпечним.

Наднизька (мала) напруга – номінальна напруга не більше ніж 42 В змінного струму чи 110 В постійного струму, що застосовується з метою зменшення небезпеки ураження людини електричним струмом.

Найбільш часті випадки електротравматизму виникають при напрузі $127, 220, 380$ В.

Опір тіла людини змінюється в широких межах, що залежить від чистоти шкіри, її вологості, цілісності шкірного покриву, тривалості дії струму на людину, стомлення, стану здоров'я.

NON MULTA, SED MULTUM

Найбільший опір має шкірний покрив, особливо його роговий шар. Цей опір знаходиться звичайно в межах $60000..400000 \text{ Ом/см}^2$ при сухому і неушкодженому верхньому роговому шарі шкіри. При знятому верхньому шарі опір шкіри знижується до $600..1000 \text{ Ом/см}^2$.

Розрахунковим опором людини прийнято вважати 1000 Ом . Його використовують для аналізу електротравматизму, а також для відповідних розрахунків у вирішенні питань електробезпеки.

Зверніть увагу! У реальних умовах опір тіла людини – величина непостійна і залежить від ряду факторів.

Фактор часу у випадку враження людини електричним струмом вирішальним чином впливає на результат ураження, тому що опір тіла людини з його плином різко падає.

Зверніть увагу! Вплив довгочасного проходження струму через тіло людини пояснюється тим, що згодом знижується опір тіла й збільшується сила струму, який проходить через людину, а також з'являється ймовірність збігу моменту проходження струму через серце з уразливою для нього фазою кардіоциклу. Це і служить причиною фібриляції серця.

Наприклад, через 30 с дії струму опір зменшується на 25% , а через 90 с — на 70% . Миттєва дія струму ($0,1..0,2 \text{ с}$) безпечна для людини.

Площа контакту тіла людини з електричним струмом істотно впливає на небезпеку враження людини, тому що з її збільшенням знижується його опір.

Шлях проходження струму визначає небезпеку враження життєво важливих органів – серця, легень, головного мозку («рука – рука», «рука – ноги», «нога – нога», «голова – ноги», «голова – руки»).

Велике значення мають також *індивідуальні особливості людини*: вік, стан здоров'я, наявність алкоголю в організмі й ін.

Важливі також і *умови виробничого середовища*, у яких відбулися або можуть відбутися електротравми.

8.3. Класифікація приміщень із небезпеки ураження електричним струмом

1. *Небезпеку ураження* людини електричним струмом значною мірою зумовлюють *фактори середовища* – підвищена температура і вологість повітря, струмопровідні підлоги та пил у повітрі тощо.

Зверніть увагу! Середовище, яке оточує людину, може посилювати або зменшувати небезпеку ураження людини електричним струмом.

2. Відповідно до ПУЕ *електроустановки діляться* на:

Ø відкриті, зовнішні, які не захищені від атмосферного впливу;

Ø закриті, або внутрішні, захищені спорудою від атмосферного впливу.

3. Усі приміщення залежно від **умов навколишнього середовища класифікують так:**

- Û *нормальні* (сухі, в яких відсутні ознаки, притаманні приміщенням жарким, запиленим і з хімічно активним середовищем);
- Û *сухі* (відносна вологість повітря не перевищує 60%);
- Û *вологі* (наявна пара або конденсуюча волога у невеликій кількості, відносна вологість повітря не перевищує 75%);
- Û *сирі* (відносна вологість повітря довгочасно перевищує 75%);
- Û *особливо сирі* (відносна вологість повітря близька до 100%);
- Û *жаркі* (температура повітря довгочасно перевищує 30°C);
- Û *запilenі* (пил наявний у такій кількості, що він осідає на провідниках та потрапляє в машини й апарати).

4. **За ступенем небезпеки ураження** електричним струмом усі приміщення поділяються на три категорії:

I категорія. Приміщення з підвищеною небезпекою, характеризуються наявністю в них однієї з наступних умов, що створюють підвищену небезпеку:

- Ø висока відносна вологість повітря (перевищує 75% протягом тривалого часу);
- Ø висока температура (перевищує 35°C протягом тривалого часу або більше 40°C короткочасно);
- Ø наявність струмопровідного пилу;
- Ø струмопровідна підлога (металева, земляна, цегляна і т.п.);
- Ø можливість одночасного доторкання до металевих елементів технологічного устаткування чи металоконструкцій будівлі, що з'єднані із землею, з однієї сторони, та металевих частин електроустаткування, які можуть опинитись під напругою – з іншої.

Зверніть увагу! Прикладом першої категорії можуть служити сходові клітки, деревооброблювальні майстерні, цехи залізобетонних конструкцій та по виробленню пластмас і т.д.

II категорія. Особливо небезпечні приміщення, характеризуються наявністю однієї із умов, що створюють особливу небезпеку:

- Ø дощ, сніг або дуже висока відносна вологість (близько 100%);
- Ø наявність хімічно активного середовища з їдкими парами і газами, що можуть руйнувати електроізоляцію устаткування;
- Ø одночасна наявність двох чи більше ознак, що створюють підвищену небезпеку.

Зверніть увагу! Особливо небезпечними є виробничі приміщення (змішувальні вузли, формувальні цехи та ін.), сюди також відносяться і ділянки робіт на землі під відкритим небом або під навісом.

III категорія. Приміщення без підвищеної небезпеки, характеризуються відсутністю умов, що створюють особливу та підвищену небезпеку (нормальні, сухі, невологі).

Зверніть увагу! До першої категорії приміщень відносяться житлові кімнати, контори, лабораторії, а також деякі виробничі приміщення з нормальними умовами зовнішнього середовища.

8.4. Організаційно-технічні засоби та заходи захисту від ураження електричним струмом

8.4.1. Технічні засоби захисту

Надійність і безпека роботи електрообладнання залежать перш за все від стану ізоляції струмопровідних частин, пошкодження її може стати основною причиною нещасних випадків, тому вона є основним фактором при здійсненні електрозахисту.

1. Електрична ізоляція – покриття струмопровідних частин матеріалом з високим електричним опором.

Зверніть увагу! 1. Для ізоляції струмопровідних частин (машин, апаратів, приладів, проводів, кабелів тощо) використовуються різні ізоляційні матеріали і вироби, що відрізняються діелектричними й особливими фізико-механічними властивостями (гума, пластмаси, папір, порцеляна, скло, азбест, ебоніт, склотканина, смоли, фарби та ін.).

2. Покриття струмопровідних частин чи відділення їх від інших частин шаром діелектрика забезпечує протікання струму потрібним шляхом і безпечну експлуатацію електроустановок.

В електроустановках застосовуються такі **види ізоляції**: робоча, додаткова, подвійна і посилена.

Ø **Робоча** – ізоляція струмопровідних частин, яка забезпечує нормальну роботу електроустановки і захист від ураження електричним струмом.

NON MULTA, SED MULTUM

Електрична ізоляція не являє собою однорідний матеріал з низькою провідністю, у ній присутні домішки речовин із порівняно високою провідністю – частинки вологи, повітря та ін. На рисунку 8.1, а показана структура звичайної ізоляції проводу, в матеріалі якої наявні провідні частинки і волога. Провід, по якому проходить струм I , має деяку ємність C щодо землі, котра створює ємнісну провідність для струму. Схема заміщення ізоляції складається із двох гілок (рис. 8.1, б). При вмиканні проводу під напругу через недосконалу ізоляцію будуть протікати струми витоку, величина яких визначається активним R_{i3} і ємнісним X опорами ізоляції.

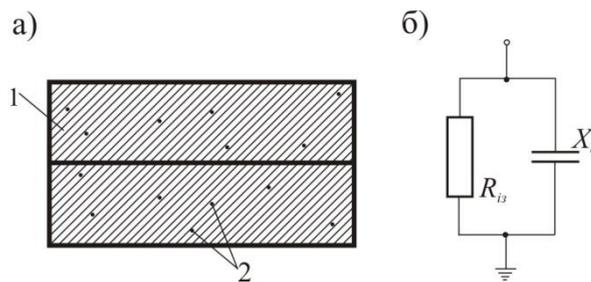


Рис. 8.1. Схема ізоляції проводу

а) структура ізоляції; б) схема заміщення; 1 – структура звичайної ізоляції; 2 – провідні частинки

Для оцінювання стану ізоляції з точки зору електробезпеки граничне значення сили струму витоку рекомендується приймати до 0,1 мА.

Ø **Додаткова** – ізоляція, яка сама по собі не здатна за певної напруги забезпечити захист від ураження електричним струмом, тому передбачається додатково до робочої для захисту від ураження електричним струмом у разі її пошкодження.

Ø **Подвійна** ізоляція складається із робочої і додаткової.

Ø **Посилена** – це поліпшена робоча ізоляція, яка забезпечує такий самий ступінь захисту, як і подвійна.

Якість ізоляції, яка характеризується перш за все її опором проходження струму витoku, з часом може погіршуватися в результаті:

- а) перегрівання понад допустимі норми для певного класу ізоляції під дією струмових перенавантажень;
- б) руйнування внаслідок експлуатації у сирих і агресивних середовищах;
- в) природного старіння (з'являються місцеві дефекти);
- г) механічних пошкоджень.

Найменший допустимий опір ізоляції у силових і освітлювальних електропроводках дорівнює $0,5 \text{ МОм}$.

Опір ізоляції вважається недостатнім, якщо він знизився порівняно з початковою величиною на 30 % і більше.

Діючими правилами передбачаються **профілактичні випробування**, які зводяться до вимірювання опору ізоляції електроустановок:

- а) під час приймання електрообладнання після монтажу і ремонту;
- б) періодично в процесі експлуатації (не рідше одного разу на 3 роки);
- в) постійно в процесі експлуатації.

Вимірювання опору ізоляції провідників виконується мегомметром.

2. Захисне заземлення – це навмисне з'єднання із землею металевих частин обладнання, які в звичайних умовах не знаходяться під напругою, але можуть опинитися під напругою при пошкодженні ізоляції електроустановки.

Захисне заземлення призначається для захисту від ураження електричним струмом в електроустановках напругою до 1000 В змінного струму з ізольованою нейтраллю, а також із напругою, вищою ніж 1000 В , змінного і постійного струмів із будь-яким режимом нейтралі.

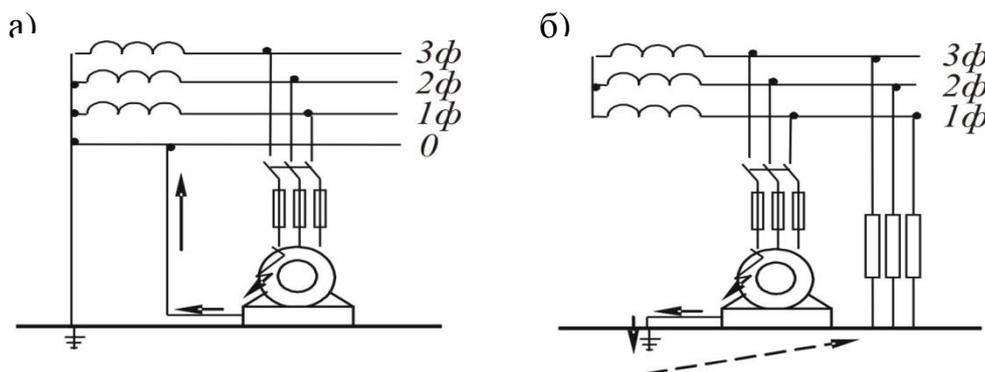


Рис. 8.2. Заземлення електроустановки у мережі трифазного струму:
 а) із глухозаземленою нейтраллю; б) з ізольованою нейтраллю

Захисне заземлення *обов'язково влаштовують* в електроустановках при напрузі:

- 380 В і більше при змінному струмі;
- 440 В і більше при постійному струмі;

- Ї 42 В змінного і 110 В постійного струму в зовнішніх установках, особливо небезпечних, та приміщеннях з підвищеною небезпекою;
- Ї незалежно від напруги в усіх вибухонебезпечних приміщеннях.

NON MULTA, SED MULTUM

В електроустановках напругою до 1000 В із глухозаземленою нейтраллю трансформаторів (або генераторів) захисне заземлення виконують приєднанням частин установки, що заземлюють, до заземленого нейтрального проводу електромережі. При ушкодженні ізоляції створюється коротке замикання однієї фази трансформатора (чи генератора) через нейтраль (рис. 8.2, а) та електроустановка автоматично відключається.

В електроустановках напругою до 1000 В з ізольованою нейтраллю трансформаторів (або генераторів), а також у всіх установках напругою, вищою за 1000 В, захисне заземлення виконують шляхом спорудження місцевого заземлюючого пристрою з малим опором, до якого приєднують заземлюючі частини установки (рис. 8.2, б).

- Зверніть увагу!**
1. *Нейтраль* являє собою спільну точку з'єднання генератора або трансформатора, потенціал якої у нормальних умовах навантаження дорівнює нулю.
 2. *Глухозаземлена нейтраль* – нейтраль трансформатора або генератора, яка приєднана до заземлюючого пристрою безпосередньо або через малий опір.
 3. *Ізольована нейтраль* – нейтраль, яка безпосередньо не приєднана до заземлюючого пристрою або приєднана через великий опір.

NON MULTA, SED MULTUM

Питання вибору режиму нейтралі є досить важливим заходом забезпечення безпеки при експлуатації електроустановки.

У тих умовах, де є можливість постійно контролювати стан ізоляції, влаштовують мережі з ізольованою нейтраллю, такі мережі більш безпечні.

У тих випадках, де немає можливості контролювати стан ізоляції, а вона піддається дії різних температур і вологи, влаштовують мережі з глухозаземленою нейтраллю.

Фізична суть захисного заземлення полягає в тому, що навмисно створене між металевим корпусом устаткування та землею електричне з'єднання має досить малий опір порівняно з тілом людини. Цей опір дозволяє знизити силу струму, що проходить через тіло людини, до допустимого значення шляхом увімкнення додаткового ланцюга «корпус – земля».

Зверніть увагу! Відповідно до вимог ПУЕ «Правила устроювання електроустановок» найбільш допустимий опір заземленого пристрою установок напругою до 1000 В з ізольованою нейтраллю складає 10 Ом при сумарній потужності джерел живлення такої мережі не більше 100 кВА та 4 Ом – в інших випадках.

Заземлення бувають **двох видів** – природними та штучними.

Природні – прокладені в землі водопровідні й інші металеві трубопроводи без ізоляції (крім трубопроводів із горючими речовинами), обсадні труби свердловин, металеві та залізобетонні конструкції підземної частини будівель і споруд, свинцеві оболонки кабелів та інші конструкції.

Зверніть увагу! Розрахунок таких заземлень можливо виконувати за допомогою спеціально розроблених номограм, які враховують питомий опір ґрунту, довжину і діаметр трубопроводу або оболонки кабелю й інші параметри.

Штучне заземлення – система вертикальних та горизонтальних електродів, котрі закопують чи забивають у землю.

На кожний заземлюючий пристрій складається паспорт, який включає схему заземлення, технічні дані, результати перевірки стану, характер проведених ремонтних робіт і т.д.

Зверніть увагу! Технічний стан визначають шляхом зовнішнього огляду видимої частини та вимірювання опору, який не повинен перевищувати допустиме значення. Планове вимірювання опору виконують перед початком його експлуатації, а потім один раз на рік та після кожного капітального ремонту. Наземну частину оглядають один раз на шість місяців, а у вологих і особливо небезпечних умовах – один раз на три місяці.

Розрахунок штучного заземлюючого пристрою полягає у визначенні кількості вертикальних електродів і довжини горизонтального електрода згідно з вимогами ПУЕ за опором заземлення, питомим опором ґрунту, прийнятими розмірами електродів і конфігурацією заземлення та в порівнянні розрахункового опору заземлення R_z з нормативним значенням $R_{норм}$, тобто полягає у виконанні умови

$$\begin{cases} R_z \leq R_{норм} \\ R_z \gg R_{норм} \end{cases}$$

Для монтажу заземленого пристрою з вертикальних та горизонтальних електродів спочатку викопують траншею глибиною 0,7...0,8 м (див. рис. 8.3). Вертикальні електроди забивають таким чином, щоб верхній кінець виступав над дном траншеї на 0,1...0,2 м для можливості з'єднання з горизонтальними електродами.

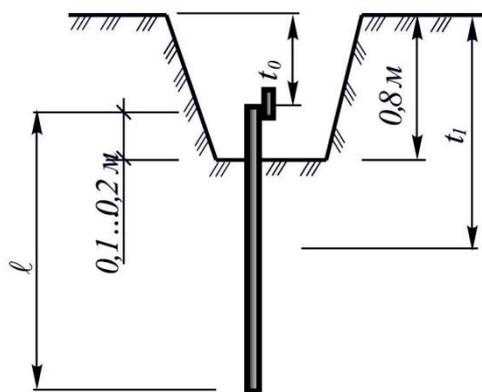


Рис. 8.3. Схема штучного заземлення:
 t_0 – глибина закладання горизонтального електрода, для розрахунків приймаємо $t_0=0,6$ м;
 t_1 – глибина закладання вертикального електрода – відстань від поверхні землі до середини вертикального електрода: $t_1=1/2+t_0$, м

Для вертикальних електродів використовують сталеві стержні діаметром 10...16 мм, довжиною до 5 м або кутову сталь з товщиною полиці не менше 4 мм та довжиною до 3 м. З метою усунення взаємного екранування відстань між вертикальними електродами a повинна бути не меншою від їх довжини.

Для зв'язку між собою вертикальних заземлень або як самостійні заземлення використовують горизонтальні електроди – круглу сталь діаметром не менше ніж 10 мм або сталеві смуги перерізом не менше ніж 40 мм і товщиною не менше ніж 4 мм.

3. Захисне занулення – приєднання металевих струмопровідних частин електрообладнання, які можуть виявитися під напругою, до неодноразово заземленого нульового проводу електричної мережі (рис. 8.2, а).

Призначення захисного занулення – усунути небезпеку ураження електричним струмом при пробі електромережі на корпус електроустановки. Розв'язується ця задача автоматичним відключенням пошкодженої установки від електричної мережі.

Як захист системи захисного занулення використовують:

- Ø **максимальні апарати;**
- Ø **плавкі вставки запобіжника;**

NON MULTA, SED MULTUM

Принцип роботи плавких вставок оснований на тепловій дії електричного струму. У нормальних умовах тепло, яке виділяє провідник, розсіюється у навколишньому середовищі. При значному збільшенні струму температура провідника може досягти температури плавлення металу, з якого він виконаний.



Запобіжник ПРС-25
з плавкою вставкою ПВД-II-25 А.

Таким чином, при досягненні небезпечного значення струму вставка розплавиться і розірве електричне коло.

Залежність часу вимкнення плавкої вставки від величини струму, який вимикається, називається захисною характеристикою. Захисна характеристика запобіжника залежить від багатьох факторів, тому має досить велику розбіжність (більше ніж 30 %), а отже, і невисоку точність.

Так, калібровані вставки запобіжників перегорять при струмах, що перевищують струм вставки у 1,4...1,8 разів. Тому вставки необхідно використовувати стандартні, на струм, значно менший від довготривалого допустимого струму провідника на ділянці електричного кола, яка підлягає захисту.

При виборі запобіжників для захисту від короткого замикання необхідно керуватися тим, щоб час перегорання вставки від дії короткого замикання не перевищував 0,2 с. При кратності струму короткого замикання (згідно з Правилами улаштування електроустановок): $I_{кз}/I_{вст} \leq 3I_{ном}$ плавкої вставки запобіжника. Час перегорання вставки при коротких замиканнях та перевантаженнях залежить від величини струму та температури навколишнього середовища обернено пропорційно – чим більший струм і температура, тим швидше перегорить вставка.

Номинальні струми плавких вставок (в амперах): 1; 2; 4; 6; 10; 16; 20; 25 і т.д.

За відсутності стандартної вставки **можна тимчасово** використовувати мідні проводи наступних діаметрів (по струмах, А): 10 А – 0,31 мм; 15 А – 0,41 мм; 20 А – 0,45 мм; 25 А – 0,5 мм.

Зверніть увагу! 1. Проводи необхідно надійно припаяти до патрона.

2. При монтажі пробкових запобіжників необхідно приєднуватись до мережі так, щоб при викрученій пробці різьбова частина не була під напругою.

- Ø **автоматичні вимикачі;**

NON MULTA, SED MULTUM

Автоматичні вимикачі – апарати, які складаються з потужної контактної системи, швидкодіючого електромагнітного розчеплювача прямої дії для захисту від коротких замикань та теплового захисту від перевантаження.



Автоматичний вимикач
ABB 1p SH201 B10 A

Порівнянно із запобіжниками автомати мають постійну готовність до швидкого вмикання, більшу оперативність, забезпечення захисту від перевантажень, а також можливість їх використання замість рубильника та більшу надійність (близько

25 %) завдяки незалежності від температури навколишнього середовища електромагнітного миттєвого розчеплювача.

- Ø магнітні пускачі з убудованим тепловим захистом;
- Ø контактори із тепловим реле та інші прилади.

Захисне занулення використовується у трифазових чотирипровідникових електричних мережах напругою до 1000 В з глухозаземленою нейтраллю.

Принцип роботи захисного занулення – перетворення замикання на корпус в однофазне коротке замикання з метою викликати струм великої сили, який здатний забезпечити спрацювання захисту і тим самим автоматично відключити пошкоджену ділянку від мережі живлення.

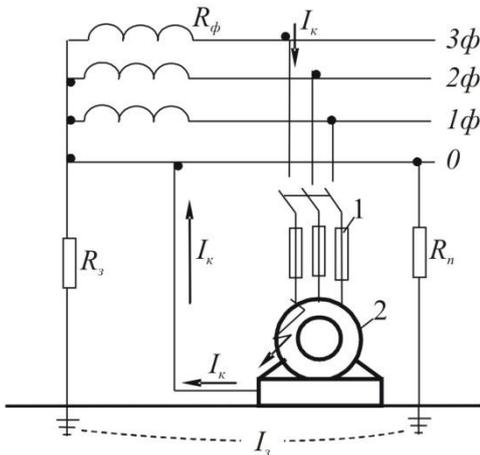


Рис. 8.4. Схема захисного занулення:
 1 – плавкі вставки, або автоматичні вимикачі;
 2 – електроустановка (електродвигун);
 1ф...3ф – фазові провідники; R_ϕ – опір фазового провідника; $R_з$ – опір заземлення; R_n – опір повторного заземлення нульового провідника;
 $I_к$ – струм короткого замикання; $I_з$ – струм розтікання в землі

NON MULTA, SED MULTUM

При пробі фазы на корпус електроустаткування струм йде таким шляхом: корпус – нульовий провід – обмотка трансформатора – фазовий провід – запобіжник; оскільки опір при короткому замиканні малий, сила струму досягає великих величин і запобіжники спрацювують.

У схемі занулення необхідна наявність: нульового провідника; заземлення нейтралі джерела струму; повторне заземлення нульового провідника.

Призначення нульового провідника – створення для струму короткого замикання ланцюга з малим опором, щоб цей струм був достатнім для спрацювання захисту.

Повторне заземлення нульового провідника здійснюється на випадок обриву нульового провідника.

Зверніть увагу! Розрахунок захисного занулення зводиться до перевірки умови

$$I_{кз} \geq 3I_{пл.вст}^{II}, \text{ або } I_{кз} \geq 1,25I_{авт}^{II},$$

де $I_{кз}$ – струм короткого замикання, А; $I_{пл.вст}^{II}$; $I_{авт}^{II}$ – номінальний струм плавкої вставки або номінальний струм спрацювання автомата.

4. Захисне відключення – швидкодіючий захист, що забезпечує автоматичне відключення електроустановок у разі зміни більше заданих меж контрольованих електричних параметрів (поява напруги на корпусі, зменшення опору фазного проводу відносно землі).

Зверніть увагу! Цей вид захисту спрацює за $0,1...0,05$ с, а занулення – $0,2$ с і більше. При такому нетривалому проходженні струму через тіло людини безпечними можуть бути навіть струми $500...650$ мА.

5. Огородження неізолюваних струмопровідних частин та розташування їх на недосяжній висоті.

6. Зменшення робочої напруги (до 12 В – у вологих приміщеннях; до

42 В – у сухих) приводить до того, що при таких напругах струм, котрий може пройти через тіло людини, є дуже малим і вважається відносно небезпечним.

7. Використання блокувальних пристроїв (електромагнітні замки при нарузі більше 1000 В).

8. Електричне розділення мереж – поділ електромережі на окремі, електрично не з'єднані між собою ділянки, за допомогою розподільних трансформаторів з коефіцієнтом трансформації 1:1.

9. Вирівнювання потенціалів (спосіб зниження напруги доторкання та кроку між точками електричного кола) – досягається шляхом штучного підвищення потенціалу опорної поверхні ніг до рівня потенціалу струмопровідної частини, а також при контурному заземленні.

ЗАПАМ'ЯТАЙТЕ! Перелічені засоби захисту не є універсальними, тому для створення безпечних умов праці необхідно застосовувати не один, а кілька засобів одночасно.

8.4.2. Організаційні заходи з електробезпеки

1. Оформлення наряду на роботу – спеціального документа, в якому вказано зміст та місце роботи, час її початку та закінчення, умови безпечного виконання робіт, склад бригади, особа, відповідальна за безпеку виконання робіт.

2. Допуск до роботи – здійснює відповідальний керівник та виконувач робіт, які перевіряють дотримання усіх технічних заходів, що забезпечують безпеку та якість робіт.

3. Нагляд за виконанням робіт – здійснює виконувач робіт або спеціальний наглядач, якому забороняється виконання будь-яких робіт і який постійно контролює дотримання вимог безпеки.

4. Оформлення перерв у роботі, зміни місця і закінчення роботи.

5. Технологічні заходи – відключення напруги, вивішування попереджувальних плакатів, огороження місця роботи, перевірка відсутності напруги, влаштування тимчасових заземлень, перемичок тощо.

Захисні засоби:

Ø **основні ізолюючі електрозахисні засоби** – можуть витримувати довгий час робочу напругу і дозволяють торкатися до частин електроустановок, які знаходяться під напругою до 1000 В;

Зверніть увагу! До основних електрозахисних засобів відносяться діелектричні рукавички, інструмент з електроізолюваними рукоятками, струмошукачі (до 1000 В); ізолюючі штанги, ізолюючі та струмоведучі кліщі, покажчики високої напруги (більше 1000 В).

Ø **додаткові ізолюючі засоби** підсилюють захисну дію основних і не можуть повністю захистити людину від ураження електричним струмом.

Зверніть увагу! До додаткових відносяться діелектричні калоші, килимки, ізолюючі підставки (до 1000 В).

Ізолюючі захисні засоби *перевіряють та випробовують* кожні 6...12 місяців.

8.5. Атмосферна електрика. Блискавкозахист будівель і споруд

Блискавка – особливий вид проходження електричного струму через величезні повітряні прошарки, джерелом якого є атмосферний заряд, накопичений грозовою хмарою.

Учені розрізняють декілька видів блискавок – лінійні, стрічкоподібні, рідше точечні і кульові. Є внутрішньохмарові розряди, коли блискавки замикають сусідні хмари. Найчастіше ми не бачимо яскравих каналів таких блискавок (вони заховані за хмарами), а лише спостерігаємо великий освітлений обшар – розсіяване свічення хмари або плоску блискавку. Бувають блискавки, які летять із хмари горизонтально, їх називають блукаючими. Інколи вони поширюються до 50 км. Бувають блискавки стрічкоподібні – наче біжать по горизонту, повторюючи при розряді одну і ту ж форму. Але найпоширеніші – блискавки між хмарами і землею. Вони зигзагоподібно йдуть до землі. Мають багато відгалужень, які також направлені до низу, але не всі з них ми можемо бачити. Рідше виникають кульові блискавки. Це газова куля голубуватого кольору, розміром від 10 до 30 см у діаметрі. Вона дуже легка і рухається разом з повітряним потоком.

NON MULTA, SED MULTUM

Умови утворення грозових хмар – велика вологість та швидка зміна температури повітря. За таких умов у атмосфері Землі проходять складні фізичні процеси, які призводять до утворення та накопичення електричних зарядів. Процес виникнення блискавок нині добре відомий. При замерзанні поверхня крапель води у хмарі спочатку перетворюється в лід. При цьому вона заряджається позитивно. А в центрі краплі залишається вода, заряджена негативно. Поступово і вона перетворюється в лід, але замерзнувши, крапля часто розривається. Осколки оболонки крапель, які несуть позитивний заряд, переміщуються у верхню частину хмари, а центральне ядро рухається вниз, при цьому передається земній поверхні негативний заряд. У підсумку система «хмара – земля» перетворюється в гігантський конденсатор. При підвищенні напруженості електричного поля до критичних значень виникає розряд, який супроводжується яскравим свіченням (блискавкою) та звуком (громом). Довжина каналу блискавки може досягати кількох кілометрів, сила струму – 200 000 А, напруга – 150 000 кВ, тиск підвищується до декількох тисяч атмосфер, а повітря розжарюється до $25 \times 10^3 \dots 27 \times 10^3$ °С. Час існування блискавки 0,1...1 с.

Щосекунди земну кулю уражають в середньому більше 100 блискавок. Найбільша кількість днів з грозами буває в тропічних і екваторіальних країнах. Найгрозовіше місце на нашій планеті – острів Ява. Блискавки там блискають 322 дні на рік. У центральних областях України – до 35 грозових днів. 210 днів на рік проносяться бурі, зливи і громовиці над озером Вікторія в Африці. Кожного року тут від блискавок гине біля 100 людей. У США кожного року гине від блискавок у середньому 101 людина і 245 отримують поранення. 27% цих людей наражаються під удари блискавки, перебуваючи у полі, 17% – під деревами, 12% – на воді (у човні і під час купання), 6% – за важелем трактора і бульдозера.

Відома й інша крайність: у місті Санта-Марія (штат Каліфорнія, США) гроз майже не буває, вони там трапляються не частіше одного разу на два роки.

Розрізняють *первинний* (прямий удар) і *вторинні* прояви блискавки.

Прямий удар блискавки (ПУБ) (ураження блискавкою) – безпосередній контакт каналу блискавки з будівлею чи спорудою, що супроводжується протіканням через неї струму блискавки.

Прямий удар блискавки здійснює на уражений об'єкт *наступні дії*:

- Ø *електричну*, що пов'язана з ураженням людей і тварин електричним струмом та виникненням перенапруг на елементах, по яких струм відводиться в землю;
- Ø *теплову*, що зумовлена значним виділенням теплоти на шляхах проходження струму блискавки через об'єкт;
- Ø *механічну*, що спричинена ударною хвилею, яка поширюється від каналу блискавки, а також електродинамічними силами, що виникають у конструкціях, через які проходить струм блискавки.

Під **вторинними проявами** блискавки розуміють явища під час близьких розрядів блискавки, що супроводжуються появою потенціалів на конструкціях, трубопроводах, електропроводах всередині будівель і споруд, які не зазнали прямого удару блискавки.

Вторинні прояви блискавки виникають внаслідок *електростатичної* та *електромагнітної* індукції.

Електростатична індукція проявляється у наведенні потенціалів на металевих елементах конструкції, в незамкнених металевих контурах, що може викликати іскріння всередині будівель та споруд і тим самим ініціювати пожежу чи вибух.

Електромагнітна індукція супроводжуються появою в просторі змінного магнітного поля, яке індукує у металевих контурах, утворених із різних протяжних комунікацій (трубопроводів, електропроводів і т. п.), електрорушійну силу (ЕРС).

Зверніть увагу! У замкнених контурах ЕРС призводить до появи *наведених струмів*. У контурах, в яких контакти недостатньо надійні в місцях з'єднання, такі струми можуть викликати іскріння або сильне нагрівання, що дуже небезпечно для приміщень, де утворюються вибухо- та (або) пожежонебезпечні концентрації.

Ще однією особливістю вторинного прояву блискавки є *занесення високих потенціалів* у будівлю по металоконструкціях, які підведені у цю будівлю (трубопроводах, рейкових шляхах, естакадах, проводах ліній електропередач).

Зверніть увагу! Такі занесення супроводжуються електричними розрядами, які можуть стати джерелом вибуху чи пожежі.

Блискавкозахист – це система захисних пристроїв та заходів, що призначені для забезпечення безпеки людей, збереження будівель та споруд, устаткування й матеріалів від можливих вибухів, займань і руйнувань, спричинених блискавкою.

Захист від впливу блискавки регламентується ДСТУ Б В.2.5-38:2008 «Інженерне обладнання будівель і споруд. Улаштування блискавкозахисту будівель і споруд».

Захист об'єктів *від прямих ударів* блискавки забезпечується шляхом установа *блискавковідводів*.

NON MULTA, SED MULTUM

Про появу блискавкозахисту ходили різні чутки. Прийнято вважати, що пріоритет у розробці принципу блискавкозахисту належить американському фізику Б. Франкліну. Однак на практиці «небесний блискавковідвід» конструктивно виконав і випробував французький фізик Т. Далібар на початку травня 1752 року. Однак і Т. Далібар не є першовідкривачем улаштування блискавкозахисту, прообраз якого існував уже дуже давно. Так, за виявленими в Єгипті під час археологічних розкопок написами стало відомо, що прадавні єгиптяни навколо храму Едфу для захисту від «небесного вогню» установили високі стовпи, або щогли, оббиті металевими листами. Ці щогли висотою до 40 метрів, загострені зверху, на думку єгиптян, відводили грозові розряди й вогонь від храму. Прадавній історик Йосип Флавій розповідає про те, як до золотого даху, храму Соломона в Єрусалимі безпосередньо примикали мідні водостічні труби, з'єднані з підземними резервуарами.

Завдяки такому обладнанню цей храм проіснував більше десяти століть без єдиного ураження, незважаючи на те, що він перебував на височині, у місцевості, що рясніє грозами.

Інший прадавній історик Пліній Старший у своїй книзі «Природнича історія» писав, що згідно з переказом, прадавні «переводили блискавку» у землю, користуючись високим металевим шестом. Подібні металеві стовпи, з'єднані із землею, як захисний засіб від ударів блискавок були важливим досягненням стародавності. У середині XVIII століття про це досягнення забули.

Цим питанням зайнявся М.В. Ломоносов і робив це тому, «що, знаючи правила, ми можемо відвернути від храмів наших грім». Ломоносов, який першим запропонував спосіб захисту від блискавок, абсолютно правильно вважав, що блискавковідвід відхиляє вже розвинену блискавку від споруди, яка захищається, і, приймаючи розряд на себе, направляє його в землю, де він розсіюється. Великий російський учений писав: «Такие стрелы на местах, от обращения человеческого по мере удалённых, ставитъ за бесполезное дело почитаю, дабы ударяющаяся молния больше на них, нежели на головах человеческих и на храминах наших, силы свои изнуряла».

Б. Франклін де Рома й інші вчені неправильно вважали, що блискавковідвід здатний розсіяти грозову електрику й тим самим запобігти формуванню блискавки.

М. В. Ломоносов у 1752 році довів, що це завдання не під силу десятці громовідводів і роль їх як спокійних вирівнювачів атмосферної електрики мізерно мала. Основне ж завдання блискавковідводу полягає у відведенні іскрового розряду у землю й запобіганні утворенню небезпечних зарядів від індукції на провідниках. Але людству довелося довго чекати, доки Б. Франклін знову «відкрив» блискавкозахист і в Європі з'явилися перші блискавковідводи.

Захист від *електростатичної індукції* (вторинний прояв блискавки) здійснюється приєднанням устаткування до *заземлювача* для відведення електростатичних зарядів, індукованих блискавкою, в землю.

Захист від *електромагнітної індукції* полягає у встановленні методом зварювання *перемичок*.

Зверніть увагу! Перемички встановлюються між протяжними металоконструкціями в місцях їхнього зближення менше ніж на *10 см*. Інтервал між перемичками повинен становити не більше *20 м*. Це дає змогу наведеному струму блискавки переходити з одного контуру в інший без утворення електричних розрядів.

Захист від *занесення високих потенціалів* у будівлю здійснюється шляхом приєднання до *заземлювача* металоконструкцій перед їх введенням у будівлю.

Необхідність виконання блискавкозахисту об'єкта від ПУБ і його *рівень блискавкозахисту* (РБЗ) визначаються залежно від можливо очікуваної кількості уражень об'єкта блискавкою за рік N і суспільного значення і тяжкості наслідків від дії блискавки.

Зверніть увагу! Рівень блискавкозахисту (РБЗ) – число (номер), яке пов'язане із заделегідь установленими параметрами струму блискавки та ймовірністю того, що ці взаємопов'язані максимальні і мінімальні параметри не будуть перевищувати природних параметрів струмів блискавки.

Очікувана кількість уражень об'єкта блискавкою за рік N визначається за наступними формулами:

Ø для зосереджених споруд (димові труби, вежі, башти тощо)

$$N = 9 \times p \times h_{об}^2 \times n \times 10^{-6};$$

Ø для будівель і споруд прямокутної форми

$$N = [(S + 6h_{об})(L + 6h_{об}) - 7,7h_{об}^2] \times n \times 10^{-6};$$

Ø для протяжного об'єкта довжиною L

$$N = 6L \times h_{об}^2 \times n \times 10^{-6},$$

де $h_{об}$ – найбільша висота об'єкта, м; L – довжина об'єкта, м; S – ширина об'єкта, м; n – щільність ударів блискавки на 1 км^2 земної поверхні за рік, визначена за даними метеорологічних спостережень у місці розташування об'єкта, $1/(\text{км}^2 \text{ рік})$ (див. табл. 8.1). Якщо дані спостережень відсутні, n може бути приблизно розраховано за формулою

$$n = \frac{6,7 \times T_{зр}}{100} \frac{1}{\text{км}^2 \text{ рік}},$$

де $T_{зр}$ – середня тривалість гроз у годинах, визначена за картами інтенсивності грозової діяльності або за середніми багаторічними (не менш ніж 10 років) даними метеостанції, найближчої до місця знаходження об'єкта.

Примітка. Для будівель і споруд складної конфігурації як S і L розглядається ширина і довжина найменшого прямокутника, в який може бути вписана будівля або споруда в плані.

Інтенсивність грозової діяльності характеризується середньорічною тривалістю гроз у годинах для певної місцевості.

Середня інтенсивність грозової діяльності у різних регіонах (областях) України наступна:

Автономна Республіка Крим.....40...60;
 Закарпатська, Запорізька, Донецька області.....80...100;
 інші області України.....60...80.

Таблиця 8.1

Середньорічна кількість ударів блискавки в 1 км^2 поверхні землі залежно від інтенсивності грозової діяльності

Інтенсивність грозової діяльності, t , год	10...20	20...40	40...60	60...80	80...100	100 і більше
Середня кількість ударів блискавки в рік на 1 км^2	1	2	4	5,5	7	8,5

У стандарті ДСТУ Б В.2.5-38:2008 передбачено чотири рівні блискавкозахисту (I, II, III, IV). Для кожного РБЗ встановлені максимальні і мінімальні фіксовані параметри струму блискавки. Імовірність того, що встановлені параметри струмів блискавки будуть відповідати параметрам природної блискавки, наведені у табл. 8.2.

Таблиця 8.2

Імовірність того, що прийняті параметри струму блискавки будуть відповідати параметрам природних блискавок

Імовірність того, що параметри струму блискавки:	Рівень блискавкозахисту (РБЗ)			
	I	II	III	IV
будуть менші, ніж максимальні величини параметрів повного розряду блискавки	0,99	0,98	0,97	0,97
будуть більші, ніж мінімальні величини струму блискавки	0,99	0,97	0,91	0,84

Надійність захисту від ПУБ (P_3) слід приймати:

- Ø 0,99...0,999 – для об'єктів I Р₃;
- Ø 0,95...0,99 – для об'єктів II Р₃;
- Ø 0,9...0,95 – для об'єктів III Р₃;
- Ø не нижче ніж 0,85 – для об'єктів IV Р₃.

Система блискавкозахисту будівель або споруд включає захист від ПУБ – зовнішня блискавкозахисна система (БЗС) і захист від вторинних дій блискавки – внутрішня БЗС. В окремих випадках блискавкозахист може містити тільки зовнішню БЗС або тільки внутрішню БЗС.

Для захисту об'єкта від прямих ударів блискавки застосовують *блискавковідвід* – пристрій, який височіє над захищуваним об'єктом, сприймає удар блискавки та відводить її струм у землю.

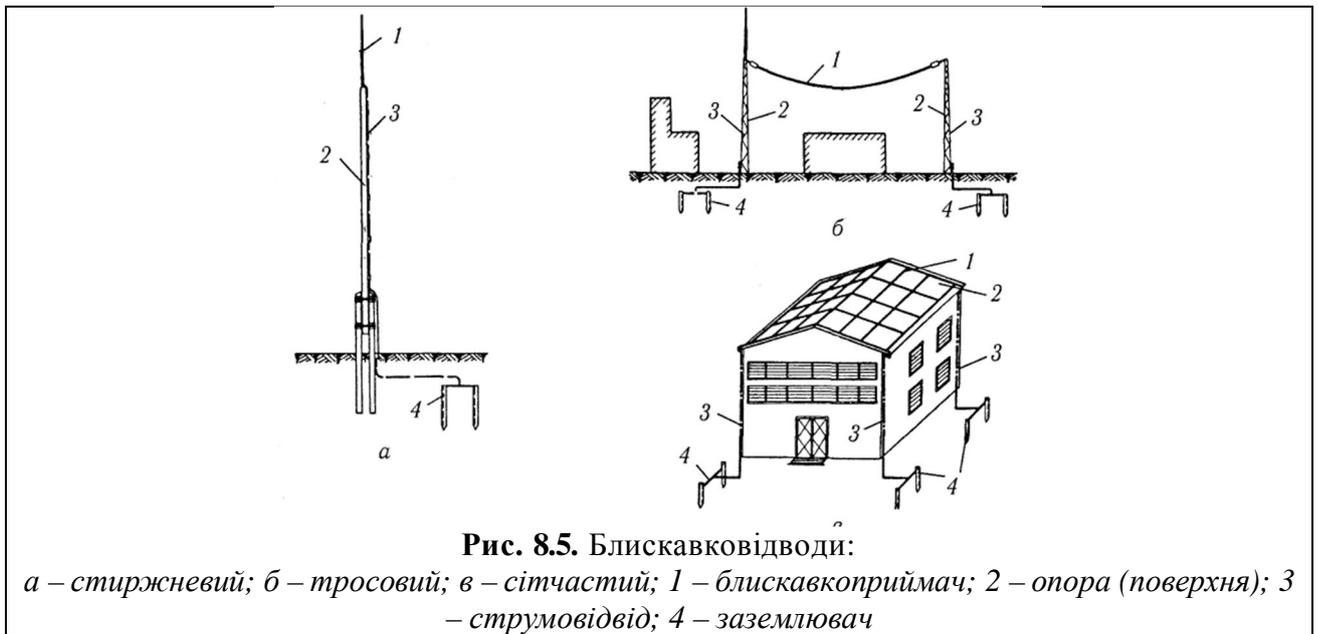
Зверніть увагу! Захисна дія блискавковідводу базується на властивості блискавки уражати найбільш високі та добре заземлені металеві конструкції.

Блискавковідвід характеризується *зоною захисту* – частиною простору навколо блискавковідводу, яка захищена від прямих ударів блискавки, з відповідним ступенем надійності захисту.

Розрахунок блискавкозахисту будівель і споруд полягає у визначенні параметрів зони захисту, висоти встановлення блискавкоприймача і визначення величини імпульсного опору заземлення.

NON MULTA, SED MULTUM

За **конструктивним виконанням блискавковідводи** поділяються на стиржневі, тросові та сітчасті (рис. 8.5), а за кількістю та загальною площею захисту – на одинарні, подвійні і багатократні. Окрім того, розрізняють блискавковідводи, встановлені окремо (рис. 8.5, б) та такі, що розташовані на захищуваному об'єкті (рис. 8.5, в). Будь-який блискавковідвід складається з (рис. 1) блискавкоприймача 1 (металевий стиржень, трос, сітка), який безпосередньо сприймає удар блискавки; опора 2 (спеціальний стовп, елемент конструкції будівлі), на якій розташовується блискавкоприймач; струмовідводу 3 (металевий провідник, конструкція), по якому струм блискавки передається в землю; заземлювача 4, який котрий розтікання струму блискавки в землі.



Одинарний стержневий блискавковідвід – один вертикальний блискавковідвід, який установлюється на захищуваній будівлі або біля неї.

Стандартною зоною захисту одинарного стержневого блискавковідводу висотою h є круговий конус висотою $h_0 < h$, вершина якого співпадає з вертикальною віссю блискавковідводу (рис. 8.6). Габарити зони визначаються двома параметрами: висотою конуса h_0 і радіусом конуса на рівні землі r_0 .

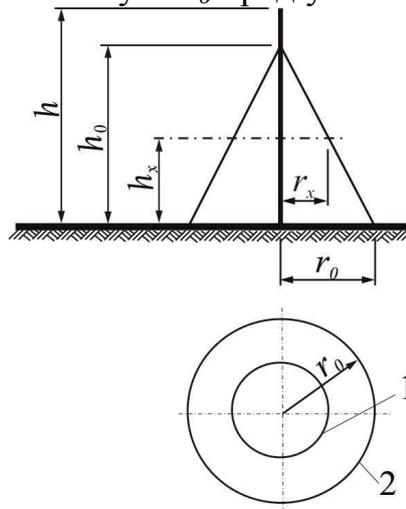


Рис.8.6. Зона захисту одинарних стержневих блискавковідводів:
 1 – межа зони захисту на рівні землі; 2 – межа зони захисту на рівні h_x .

Наведені нижче розрахункові формули (табл. 8.3) придатні для блискавковідводів висотою до 150 м. При більш високих блискавковідводах слід користуватися спеціальною методикою розрахунку.

Для зони захисту необхідної надійності одинарного стержневого блискавковідводу радіус горизонтального перерізу r_x на висоті h_x визначається за формулою

$$r_x = \frac{r_0(h_0 - h_x)}{h_0}. \quad (8.1)$$

Розрахунок зони захисту одинарного стрижневого блискавковідводу

Надійність захисту P_3	Висота блискавковідводу $h, м$	Висота конуса $h_0, м$	Радіус конуса $r_0, м$
0,9	від 0 до 100	$0,85h$	$1,2h$
	від 100 до 150	$0,85h$	$[1,2 - 10^{-3}(h-100)]h$
0,99	від 0 до 30	$0,8h$	$0,8h$
	від 30 до 100	$0,8h$	$[0,8 - 1,43 \cdot 10^{-3}(h-30)]h$
	від 100 до 150	$[0,8 - 10^{-3}(h-100)]h$	$0,7h$
0,999	від 0 до 30	$0,7h$	$0,6h$
	від 30 до 100	$[0,7 - 7,14 \cdot 10^{-4}(h-30)]h$	$[0,6 - 1,43 \cdot 10^{-3}(h-30)]h$
	від 100 до 150	$[0,65 - 10^{-3}(h-100)]h$	$[0,5 - 2 \cdot 10^{-3}(h-100)]h$

Подвійний (багатократний) стрижневий блискавковідвід – два і більше одинарних стрижневих блискавковідводів, які діють спільно і створюють загальну зону захисту.

Одинарний тросовий блискавковідвод – пристрій, що створюється горизонтальним тросом, який закріплений на двох опорах, по кожній із яких прокладений струмопровід, приєднаний до окремих заземлювачів у їх основі.

Зверніть увагу! Опори такого блискавковідводу можуть бути встановлені на споруді, що захищається, або біля неї.

Стандартні зони захисту одинарного тросового блискавковідводу висотою h обмежені симетричними двосхилими поверхнями, що створюють у вертикальному перерізі рівнобедрений трикутник з вершиною на висоті $h_0 < h$ і основою на рівні землі $2r_0$ (рис. 8.7).

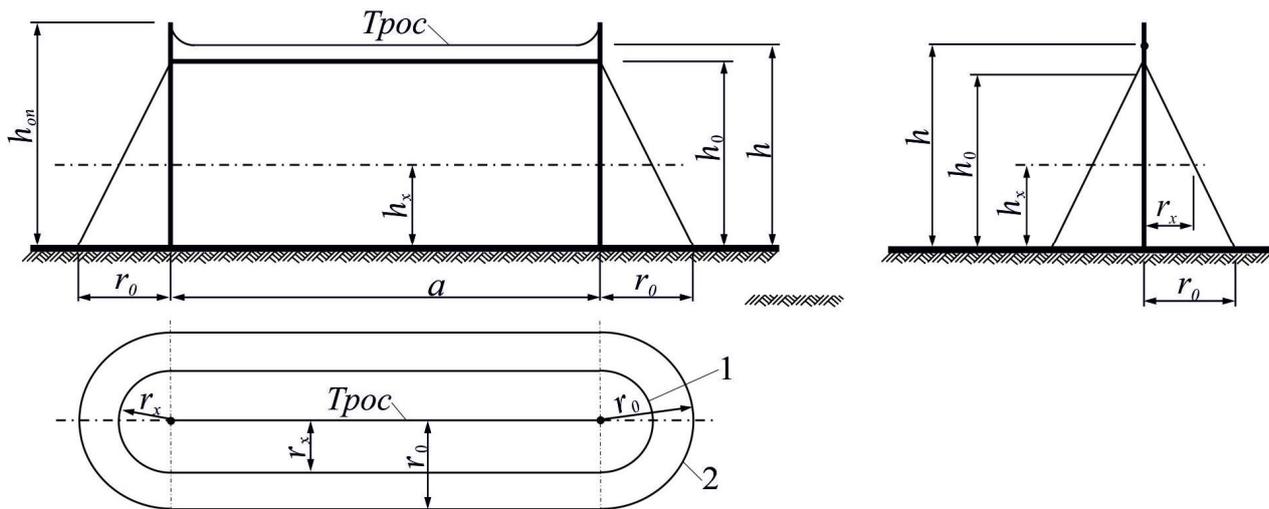


Рис. 8.7. Зони захисту одинарних тросових блискавковідводів:

1 – межа зони захисту на рівні землі; 2 – межа зони захисту на рівні h_x

Наведені нижче розрахункові формули (табл. 8.4), придатні для блискавковідводів висотою до 150 м. При більшій висоті слід користуватися

спеціальним програмним забезпеченням. Тут і далі під h розуміється мінімальна висота троса над рівнем землі (з урахуванням провисання).

Напівширина r_x зони захисту необхідної надійності одинарного тросового блискавковідводу на висоті h_x від поверхні землі визначається за формулою (8.1).

Таблиця 8.4

Розрахунок зони захисту одинарного тросового блискавковідводу

Надійність захисту P_3	Висота блискавковідводу h , м	Висота конуса h_0 , м	Радіус конуса r_0 , м
0,9	від 0 до 150	$0,87 h$	$1,5 h$
0,99	від 0 до 30	$0,8 h$	$0,95 h$
	від 30 до 100	$0,8 h$	$[0,95 - 7,14 \cdot 10^{-4}(h-30)]h$
	від 100 до 150	$0,8 h$	$[0,9 - 10^{-3}(h-100)] h$
0,999	від 0 до 30	$0,75 h$	$0,7 h$
	від 30 до 100	$[0,75 - 4,28 \cdot 10^{-4}(h-30)] h$	$[0,7 - 1,43 \cdot 10^{-3}(h-30)] h$
	від 100 до 150	$[0,72 - 10^{-3}(h-100)] h$	$[0,6 - 10^{-3}(h-100)] h$

Якщо необхідно розширити об'єм, що захищається, до торців зони захисту власне тросового блискавковідводу можуть додаватися зони захисту несучих опор, які розраховуються за формулами одинарних стрижневих блискавковідводів, наведених у таблиці 8.3. У разі великих провисань тросів, наприклад на повітряних лініях електропередавання, рекомендується розраховувати забезпечувану ймовірність прориву блискавки програмними методами, оскільки побудова зон захисту за мінімальною висотою троса в прольоті може призвести до невиправданих витрат.

Подвійний тросовий блискавковідвід – два одинарних тросових блискавковідводи, які розміщені паралельно, діють разом і утворюють спільну зону захисту.

Блискавковідвід вважається подвійним, коли відстань між тросами L не перевищує граничної величини L_{max} . У супротивному випадку обидва блискавковідводи розглядаються як одинарні.

Одним із елементів системи блискавкозахисту будівель і споруд є улаштування заземлення.

Основна задача *заземлювального пристрою блискавкозахисту* – відвести якомога більшу частину струму блискавки (50% і більше) у землю. Решта струму розтікається по підвідних до будівлі комунікаціях (оболонках кабелів, трубах водопостачання тощо). При цьому не виникають небезпечні напруги на самому заземлювачі.

Така задача виконується сітчастою системою під будівлею і навколо неї. Заземлювальні провідники утворюють сітчастий контур, об'єднуючий арматуру бетону внизу фундаменту. Це звичайний метод створення електромагнітного

екрана внизу будівлі. Кільцевий провідник навколо будівлі і (або) в бетоні на периферії фундаменту з'єднується із системою заземлення заземлювальними провідниками зазвичай через кожні 5 м. Зовнішній заземлювач провідником може бути з'єднаний з указаними кільцевими провідниками.

Імпульсний опір заземлювача – електричний перехідний опір між електродами заземлювача і землею при протіканні струму блискавки, який не піддається вимірюванню загальноприйнятими методами.

Зверніть увагу! Імпульсний опір заземлювача R_i пов'язаний з опором розтіканню струму промислової частоти заземлювача R через імпульсний коефіцієнт a_i :

$$a_i = R_i / R.$$

Опором заземлення і опором розтіканню струму з нього R називають відношення потенціалу U на ньому до струму I , який з нього стікає.

Опір розтіканню струму промислової частоти заземлювача – електричний перехідний опір між електродами заземлювача і землею при протіканні струму блискавки, що вимірюється загальноприйнятими методами (вимірювач заземлення та інші).

Опір розтіканню R одинарних електродів при струмах промислової частоти визначається залежно від типу заземлювача:

- ✓ для труб і електродів із круглої сталі, забитих вертикально на рівні поверхні землі,

$$R = \frac{r}{2\rho l} \ln \frac{2l}{r}, \text{ Ом};$$

- ✓ для труб і електродів, які занурені у землю,

$$R = \frac{r}{2\rho l} \ln \frac{2l}{r} + 0.5 \ln \frac{4h+l}{4h-l}, \text{ Ом};$$

- ✓ для труб і електродів із круглої сталі, закопаних горизонтально на глибину,

$$R = \frac{r}{\rho l} \ln \frac{l}{\sqrt{2hr}}, \text{ Ом},$$

де r – розрахунковий питомий опір землі, Ом'м; l – довжина електрода, м; h – глибина закладання – відстань від поверхні землі до середини електрода або труби, м; r – радіус круглої сталі (для кутикової сталі $r=0,47b$, тут b – ширина полиці кутика, для полоси $r=0,25b$, м).

Зверніть увагу! Опір одинарних заземлювачів, розрахований згідно з наведеними залежностями, вище одержаних значень при стіканні з них великих струмів блискавки.

Імпульсний опір комбінованого заземлення із вертикальних електродів, з'єднаних сталевим прутом,

$$R_{ic} = \frac{R_{i1}R_{i2}}{R_{i1}+R_{i2}} \times \frac{1}{\eta_i} \text{ Ом},$$

де η_i – імпульсний коефіцієнт використання електродів.

Зверніть увагу! Для вертикальних стрижнів, які електрично з'єднані полосою і розміщені на відстані у два рази більшій, ніж їх довжина, $\eta_i=0,75$.

Одержане значення імпульсного опору комбінованого заземлення порівнюємо із вимірним опором.

8.6. Статична електрика, виникнення та засоби захисту

Статична електрика – це сукупність явищ, що пов'язані з виникненням, накопиченням та релаксацією вільного електричного заряду на поверхні або в об'ємі діелектричних і напівпровідникових речовин, матеріалів та виробів.

Виникнення зарядів статичної електрики є результатом складних процесів перерозподілу електронів чи іонів при стиканні двох різнорідних тіл (речовин).

NON MULTA, SED MULTUM

Порушення поверхневого контакту при терті тіл призводить до електризації — виникнення електричних зарядів, які можуть утримуватись на поверхні цих тіл протягом тривалого часу. Такі заряди, на відміну від рухомих зарядів динамічної електрики (електричний струм), знаходяться у статичному стані.

Можливість накопичення небезпечної кількості статичної електрики визначається як інтенсивністю виникнення, так і умовами стікання заряду.

Інтенсивність виникнення заряду в технологічному обладнанні визначається фізико-хімічними властивостями речовин, які перероблюються, та матеріалів, з яких виготовлено обладнання, а також параметрами технологічного процесу.

Процес стікання заряду визначається в основному електричними властивостями речовин, котрі перероблюються, навколишнього середовища та матеріалів, з яких виготовлене обладнання. За відсутності необхідних умов для стікання заряду відбувається його накопичення, яке може призвести до:

- виникнення іскрових розрядів (електростатична іскробезпека);
- безпосереднього впливу на людину (дія електростатичних полів та іскрових розрядів);
- шкідливого впливу на технологічний процес або матеріали, які переробляються.

Електростатичні заряди *виникають*:

- ✓ при терті діелектричних тіл один об одного або об метал (наприклад, пасові передачі);
- ✓ при переливанні, перекачуванні, перевезенні в ємностях горючих та легкозаймистих рідин;
- ✓ при транспортуванні горючих газів трубопроводом;
- ✓ при подрібненні (розбризкуванні) діелектриків;
- ✓ при переміщенні сухого запиленого повітря зі швидкістю понад 15...20 м/с;
- ✓ при інтенсивному перемішуванні, кристалізації, випаровуванні речовин і т. п.

Релаксація – одне із явищ, що спонукає виникнення статичної електрики та пов'язане із зменшенням величини вільних електричних зарядів на поверхні й в об'ємі діелектричних і напівпровідникових матеріалів, виробів або на ізольованих провідниках.

Релаксація зарядів відбувається в наступних *формах (видах)*:

- 1) розтікання зарядів по поверхні тіла;
- 2) розподіл зарядів в об'ємі тіла;

- 3) стікання з поверхні в повітря;
- 4) іскрові розряди між негативними і позитивними зарядами на поверхні тіл (електростатична іскробезпека).

Зверніть увагу! Процес стікання заряду визначається в основному електричними властивостями речовин, які перероблюються, навколишнього середовища та матеріалів, з яких виготовлене обладнання.

Іскрові розряди між контактуючими тілами можуть мати велику енергію і можуть бути джерелами запалення палих газо-, паро-, і пилоповітряних сумішей.

Зверніть увагу! Саме у появі іскрових розрядів полягає основний небезпечний чинник статичної електрики.

NON MULTA, SED MULTUM

Енергію іскри між зарядженим предметом і заземлювачем визначають за формулою

$$W = \frac{CU^2}{2} = \frac{QU}{2}, \text{ Дж},$$

де C – ємність зарядженого статичною електрикою предмета відносно землі, Φ ; U – величина заряду між зарядженим предметом і землею, B ; Q – величина заряду, $Кл$.

Електростатична іскробезпека вважається забезпеченою, якщо в результаті вжитих заходів виконується умова (ГОСТ 12.1.018-93)

$$W \leq kW_{min}$$

де W – максимальна енергія розрядів від статичної електрики, які можуть виникнути всередині об'єкта, Дж; k – коефіцієнт безпеки, який вибирається із умов допустимої (безпечної) ймовірності; у випадку неможливості визначення ймовірності приймають рівним 0,4; W_{min} – мінімальна енергія запалювання можливої на виробництві горючої суміші, Дж.

Наприклад:

величина мінімальної енергії запалювання W_{min} складає:

- *пилоповітряні суміші: вугілля – 40 мДж; гума – 30 мДж;*
- *газовітряні суміші: метан – 0,3 мДж (при 25 °С); аміак – 6,8 мДж (при 25 °С); водень – 0,011 мДж (при 25 °С).*

NON MULTA, SED MULTUM

За сприятливих умов, наприклад при низькій вологості повітря, статичні заряди не лише утворюються, а й накопичуються. Коли в результаті такого накопичення вони набудуть високого потенціалу, то може виникнути швидкий іскровий розряд між частинами устаткування або розряд на землю. Такий іскровий розряд за наявності горючих сумішей може спричинити вибух чи пожежу. В цьому і полягає основна небезпека статичної електрики. Так бензол, бензин спалахують унаслідок електростатичного розряду при різниці потенціалів до 1000 В, а більшість горючих повітряно-пилових сумішей — до 5000 В (за умови, що іскра має достатню енергію).

Заряди статичної електрики можуть утворюватись чи передаватись (контактним або індукційним шляхом) тілу людини. Якщо виникають іскрові розряди, то вони викликають фізіологічну дію у вигляді уколу чи незначного поштовху, які самі по собі не є небезпечними для людини (сила струму розряду дуже мала). Ураховуючи неочікуваність такого розряду, у людини може відбутись рефлексорний рух, що в багатьох випадках призводить до травмування (робота на висоті, біля рухомих незахищених частин устаткування тощо).

Ступінь електризації поверхні речовин вважається безпечним, коли вимірне максимальне значення поверхневої щільності заряду, напруженості або потенціалу на будь-якій ділянці цієї поверхні не перевищує *гранично допустимого значення* для цієї зарядженої речовини, навколишнього середовища та середовища, що може проникнути в об'єкт.

Зверніть увагу! При заданих тиску та температурі *гранично допустимим* вважається таке максимальне значення щільності заряду, напруженості поля чи потенціалу, при якому ще виконується умова електростатичної іскробезпеки.

Дія статичної електрики на людину вважається безпечною, коли іскрові розряди відсутні, а рівні напруженості електростатичного поля на робочих місцях не перевищують допустимих значень, які визначаються згідно з ГОСТ 12.1.045-84.

Зверніть увагу! Відповідно до ГОСТ 12.1.045-84 «Електростатические поля. Допустимые уровни на рабочих местах и требования к проведению контроля» *гранично допустима напруженість електричного поля $E_{дон}$* на робочих місцях не повинна перевищувати 60 кВ/м , якщо час впливу t_e не перевищує 1 год ; при $1 \text{ год} < t_e < 9 \text{ год}$ – $E_{дон} = 60 \times t_e^{0,5}$.

Основними характеристиками наелектризованості тіла є *кількість зарядів статичної електрики і характер їх розподілу* на поверхні або в об'ємі діелектрика.

Зверніть увагу! Заміри параметрів статичної електрики проводять з метою вивчення причин і умов електризації та постійного контролю різниці потенціалів U між зарядженим тілом і землею або заземленим предметом, поверхнею площини електричних зарядів S і напругою електричного поля E .

Заміри за допомогою електричної індукції базуються на вимірюванні потенціалу, який накопичується на провідному тілі – зонді. Типова схема таких вимірів показана на рис. 8.8.

Вимірювання густини заряду на діелектрику вимагає визначення ємності діелектрика відносно землі.

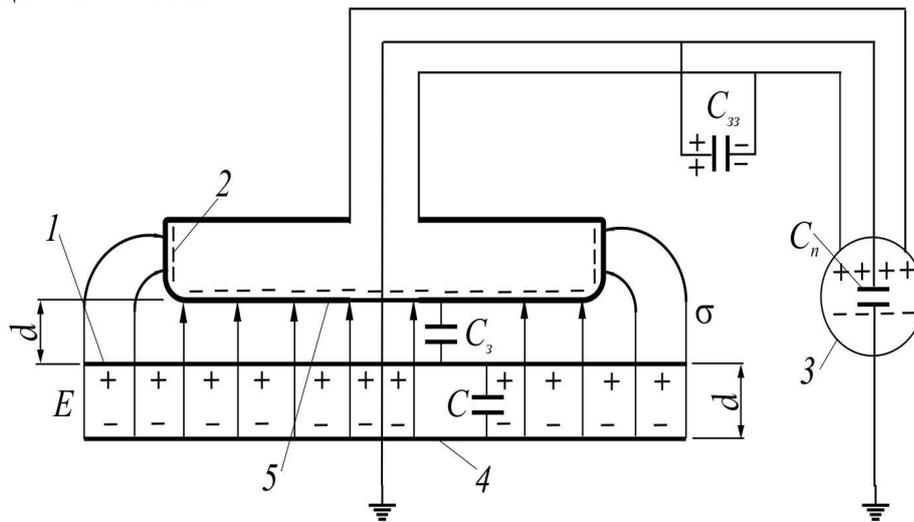


Рис. 8.8. Схема виміру параметрів наелектризованого діелектрика за допомогою зонда:
 1 – наелектризований діелектрик; 2 – електроди датчика; 3 – електрометр; 4 – заземлена поверхня; 5 – вимірювальний зонд

Для вимірювання електричних потенціалів застосовують *механічні й електричні прилади*.

В *електричних електромірах* вимірюється заряд, який подається на один з двох електродів, кулонівська взаємодія фіксується різними методами.

В основу квадратних електромірів покладено принцип дії статичних вольтметрів. Електричний заряд діє на рухомий секторний електрод, котрий під дією кулонівських сил зміщує індикатор вольтметра (рис. 8.9).

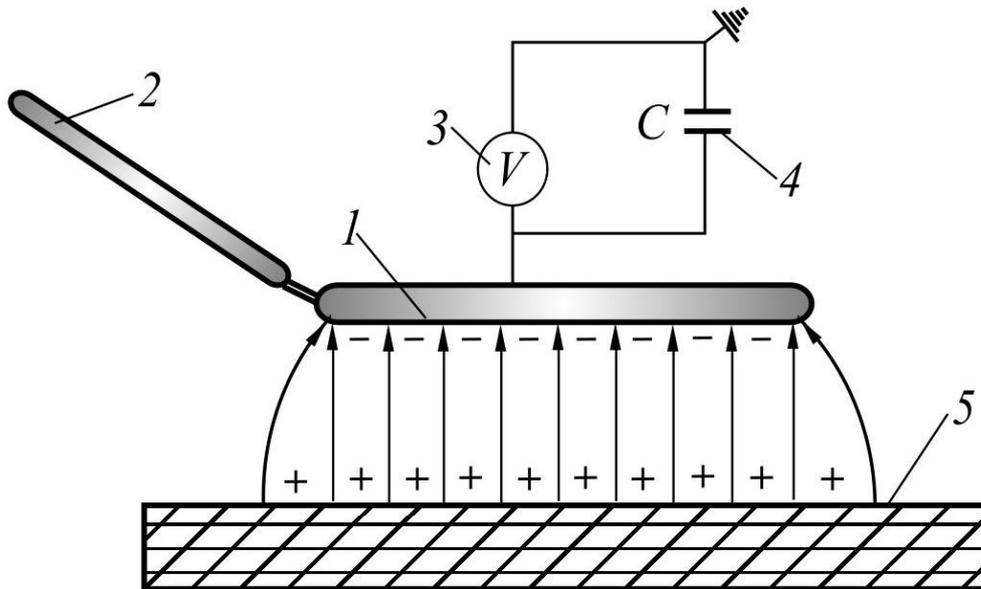


Рис. 8.9. Схема виміру параметрів, які характеризують наелектризоване поле:
1 – зонд; 2 – ізоляційна ручка; 3 – статичний вольтметр; 4 – ємність; 5 – наелектризований діелектрик

Принцип роботи *електростатичних приладів* базується на відхиленні рухомої системи безпосередньо під дією електричного поля. Ці прилади характеризуються специфічними особливостями, оскільки електроміри дозволяють вимірювати невеликі величини без контакту із зарядженим тілом.

Відповідно до НПАОП 0.00-1.29-97 «Правила захисту від статистичної електрики» *заходи щодо захисту* передбачаються і реалізуються у вибухо- та пожежонебезпечних приміщеннях і зонах відкритих установок, віднесених за класифікацією НАПБ Б.03.002-2007 «Норми визначення категорій приміщень, будинків та зовнішніх установок за вибухопожежною та пожежною небезпекою» до категорій виробництв А, Б, В, Г, Д або за класифікацією «Правил улаштування електроустановок» до зон класів 0; 1; 220, 21, 22; П-I; П-II; П-IIа; П-III.

Зверніть увагу! У приміщеннях та зонах, які не відносяться до зазначених класів, захист повинен здійснюватися лише на тих дільницях, де статична електрика негативно впливає на людину, на технологічний процес та якість продукції.

Захист від статичної електрики та її небезпечних проявів досягається трьома основними способами:

1. Запобіганням виникнення та накопичення статичної електрики;
2. Прискоренням стікання електростатичних зарядів;
3. Нейтралізацією електростатичних зарядів (ГОСТ 12.4.124-83).

Запобігти виникненню статичної електрики чи зменшити її величину можна:

- ✓ заміною небезпечної технології;
- ✓ зменшенням швидкості руху речовин по трубопроводу;
- ✓ відведенням заряду шляхом зменшення питомого об'ємного та поверхневого електричного опору;

NON MULTA, SED MULTUM

Для зменшення питомого поверхневого електричного опору діелектриків рекомендується збільшувати відносну вологість повітря до 55 – 80 % (коли це допускається умовами виробництва). Для цього потрібно застосовувати загальне чи місцеве зволоження повітря в приміщенні при постійному контролі його відносної вологості.

Для місцевого збільшення відносної вологості повітря в зоні, де відбувається електризація матеріалів, рекомендується:

- подача в зону водяної пари (при цьому електропровідні предмети, які знаходяться в зоні, повинні бути заземлені);
- охолодження поверхонь, що наелектризувалися, до температури на 10° С нижче температури навколишнього середовища;
- розпилення води;
- вільне випаровування води з великих поверхонь.

Для загального збільшення вологості у приміщенні може бути використана система припливної вентиляції з промивкою повітря в зрошувальній камері.

Для зменшення питомого поверхневого електричного опору, у випадках, коли підвищення відносної вологості навколишнього середовища неефективне, можливо додатково рекомендувати застосування антиелектростатичних речовин.

Для зменшення питомого об'ємного опору діелектричних рідин та розчинів полімерів (клеїв) може бути застосовано введення різних розчинених у них антиелектростатичних присадок, зокрема солей металів змінної валентності, вищих карбонових, нафтонових та синтетичних жирних кислот.

- ✓ виготовленням поверхонь, що труться, з однорідних матеріалів.

Прискоренню стікання зарядів сприяє:

- ✓ заземлення устаткування;
- ✓ збільшення електропровідності матеріалів шляхом нанесення на їх поверхню антистатичних добавок чи присадок;
- ✓ підвищення відносної вологості повітря.

Нейтралізація зарядів статичної електрики здійснюється внаслідок іонізації повітря індукційними, високовольтними, радіоактивними та комбінованими нейтралізаторами (іонізаторами).

Індукційні нейтралізатори дуже прості і широко застосовуються. Вони бувають з голками, пилоподібні і дротяні.

NON MULTA, SED MULTUM

У першому випадку (рис. 8.10, а) металеві голки закріплені на стрижні і заземлені. З рис. 8.10, в видно, що для нейтралізації рухомої наелектризованої стрічки застосовано заземлений сталевий провід. Недоліком цього нейтралізатора є те, що він діє, коли потенціал наелектризованого тіла сягає декілька кіловольт.

На рис.8.10, г показана схема нейтралізації зарядів індукційним нейтралізатором. Такі нейтралізатори особливо ефективні при високих потенціалах зарядженого тіла. Для збільшення ефективності доцільно, щоб віддаль між кінчиками голок і нейтралізуючою поверхнею була мінімальною і не перевищувала 20...50 мм.

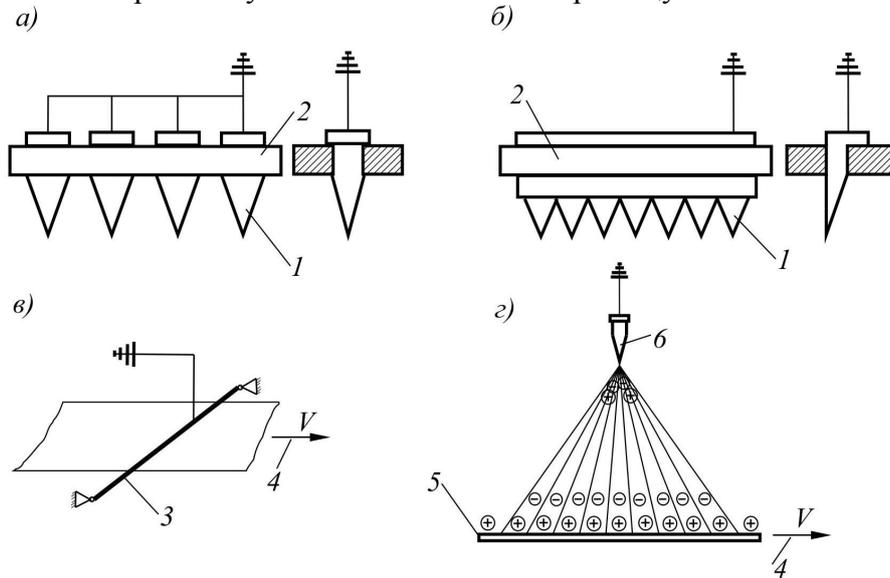


Рис. 8.10. Індуктивні нейтралізатори статичної електрики:

а – з голками; б – пилоподібні; в – зі сталевим дротом; г – нейтралізація зарядів; 1 – голки; 2 – стрижень; 3 – дріт-електрод; 4 – напрямок діелектрика; 5 – наелектризований діелектрик; 6 – зона ударної іонізації; 7 – розрядний електрод

Зверніть увагу! У вибухонебезпечних приміщеннях необхідно вживати заходів, що виключають можливість виникнення іскрового розряду між зарядженою поверхнею та коронуючими електродами.

Високовольтні нейтралізатори (рис. 8.11) застосовують тоді, коли максимальна віддаль між розрядним електродом і нейтралізуючим матеріалом може досягти 300 мм.

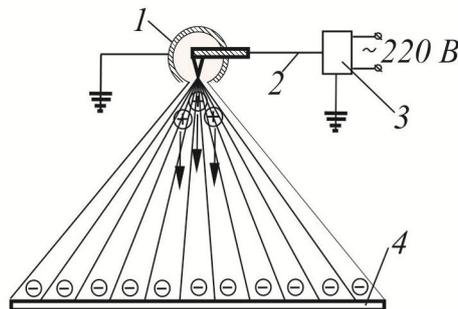


Рис. 8.11. Високовольтний нейтралізатор змінної напруги:

а – нейтралізація зарядів; б – електрична схема; 1 – розрядний електрод; 2 – високовольтний кабель; 3 – високовольтне живлення; 4 – наелектризована поверхня

Зверніть увагу! 1. Особливо доцільно застосовувати високовольтні нейтралізатори там, де незадовільні умови мікроклімату.

2. *Заборонено* застосовувати високовольтні нейтралізатори на вибухонебезпечних об'єктах, оскільки для іонізації повітря використовується висока напруга.

Радіоактивні (радіоізотопні) нейтралізатори мають вигляд плоских пластин (рис. 8.12) або малих дисків.

NON MULTA, SED MULTUM

Радіоактивні нейтралізатори дуже прості за конструкцією, не вимагають джерела живлення, безпечні при використанні в пожежо- та вибухонебезпечних середовищах, широко застосовуються в хімічній, паперовій, текстильній, поліграфічній та інших галузях промисловості.

Основним недоліком радіоактивних нейтралізаторів є малий іонізаційний струм по відношенню до інших типів нейтралізаторів.

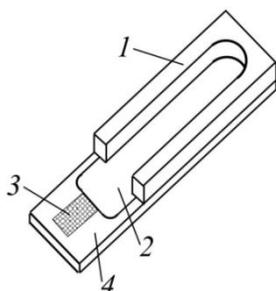


Рис. 8.12. Радіоактивний нейтралізатор (смуга):
1 – основа; 2 – радіоактивна сітка; 3 – захисна фольга; 4 – пластина, на якій закріплена фольга

Радіоізотопні нейтралізатори доцільно використовувати у вибухонебезпечних приміщеннях усіх класів

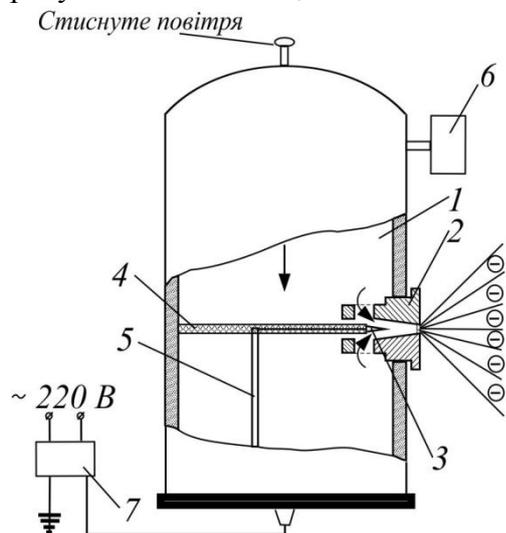
Зверніть увагу! Для захисту від радіоактивного випромінювання радіоактивну речовину покривають захисним покриттям зі спеціальної емалі або фольги.

При виготовленні продукції санітарно-гігієнічного та побутового призначення, а також зошитової продукції застосування радіоізотопних нейтралізаторів **забороняється**.

В *аеродинамічних нейтралізаторах статичної електрики* використовуються коронні розряди або радіоактивне випромінювання.

NON MULTA, SED MULTUM

Варіант конструктивного виконання аеродинамічного нейтралізатора статичної електрики показано на рис. 8.13. Нейтралізатор складається з металевого циліндра 1, патрубку 2, в який уставляється коронуючий пристрій. Коронуючим електродом є голка 3, котра закріплена в ізоляторі 4. Повітря під тиском подається в нейтралізатор через редукційний клапан, який зв'язаний з реле тиску і забезпечує вибухозахищеність аеродинамічного нейтралізатора зарядів статичної електрики.



Електрична схема аеродинамічного нейтралізатора забезпечує автоматичне відключення ввідного вимикача при раптовому зникненні напруги у мережі та не допускає самовільного вмикання при відновленні напруги.

Рис. 8.13. Аеродинамічний нейтралізатор зарядів статичної електрики:
1 – циліндр; 2 – патрубок; 3 – голка; 4 – ізолятор; 5 – високовольтний кабель; 6 – реле тиску; 7 – високовольтне живлення

Зверніть увагу! *Аеродинамічні нейтралізатори* з примусовою подачею іонів струменем повітря доцільно встановлювати у важкодоступних місцях, де неможлива установка нейтралізаторів у безпосередній близькості від зарядженої поверхні.

Для покращення характеристик і збільшення ефективності нейтралізаторів можна використовувати *комбіновані нейтралізатори*, наприклад, високовольтні і радіоактивні або радіоактивні і індукційні.

Як *засоби індивідуального захисту* рекомендується використовувати антистатичні рукавички, які виготовляють з бавовняно-паперового пористого матеріалу, просоченого сумішшю гліцерину з водою і відтиснутого до сухого стану та антистатичне взуття (якщо підлога електропровідна).

ЗАПАМ'ЯТАЙТЕ! *Систематичний вплив електростатичного поля* підвищеної напруженості *негативно впливає на організм людини*, викликаючи в першу чергу функціональні розлади центральної нервової та серцево-судинної систем.

ТЕМА 9. ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ ПОЖЕЖНОЇ БЕЗПЕКИ

План лекції

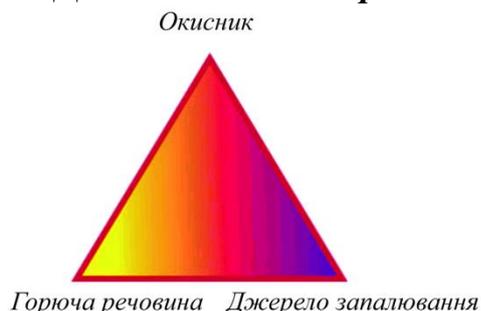
- 9.1. Суть процесу горіння. Види горіння й умови, які сприяють горінню.
- 9.2. Пожежа та її особливості.
- 9.3. Пожежна безпека на виробництві.
- 9.4. Параметри, які визначають вибухопожежну небезпеку речовин і матеріалів.
- 9.5. Оцінювання пожежовибухонебезпеки об'єкта.

9.1. Суть процесу горіння. Види горіння й умови, які сприяють горінню

Горіння – екзотермічна реакція окиснення горючої речовини, що супроводжується виділенням диму, теплової та променевої енергії.

Примітка. *Екзотермічна реакція* (англ. *exothermal* – той, що віддає тепло) – хімічна або ядерна реакція, яка супроводжується виділенням тепла. Характерною рисою екзотермічних реакцій є незворотність процесів переносу енергії та речовини з інтенсивним виділенням тепла.

Для **виникнення горіння** необхідні такі умови:



- 1) наявність і стан горючої речовини (початкова температура, вологість);
- 2) наявність та кількість окисника (кисень тощо);
- 3) наявність і температура джерела запалювання (іскра, полум'я, нагріті предмети).

На вищенаведеному «трикутнику вогню» базуються основні напрями попередження пожеж та способи пожежогасіння. Тому, якщо ми видалимо, унеможлиavimo, заблокуємо будь-яку з трьох умов, то пожежі не буде.

Зверніть увагу! Без доступу кисню можуть вибухати ацетилен, хлористий азот, озон та ін. Деякі метали можуть горіти в парах сірки, атмосфері хлору або двоокису вуглецю.

NON MULTA, SED MULTUM

Першим в історії правильно визначив явище горіння як процес з'єднання речовин з киснем видатний французький хімік Антуан Лоран де Лавуазьє (фр. Antoine-Laurent de Lavoisier, 1743 р. – 9 травня 1794 р.). Один із засновників термохімії. Навів визначення хімічного елемента, встановив хімічний склад води, оксидів нітрогену, багатьох мінералів. Склавав першу таблицю простих речовин. Довів закон збереження маси речовини. Гільйотинований у період Французької революції.

Лавуазьє довів, що вуглекислий газ CO_2 – це з'єднання кисню з «вугіллям» (вуглецем), а вода H_2O – з'єднання кисню з воднем. Він на досліді показав, що під час дихання поглинається кисень та утворюється вуглекислий газ, тобто процес дихання є подібним до процесу горіння.



Лавуазьє досліджував поведінку різних речовин за високих температур, для чого побудував гігантську установку з двома лінзами (найбільша мала діаметр 130 см), що концентрували сонячне світло. Для того, щоб виготовити лінзу такого розміру, оптики зробили два круглих увігнутих скла, спаяли їх, а проміжок між ними заповнили спиртом. Товщина такої лінзи в центрі складала 16 см. Друга лінза, яка допомагала краще зібрати промені, була у два рази меншою, і її виготовили звичайним способом – шліфуванням скляної виливки. Продумана система важелів, гвинтів та коліс на платформі дозволяла наводити лінзи на Сонце. Учасники досліду були в закопчених окулярах.

У центр такої системи Лавуазьє поміщав різні мінерали і метали: піщаник, кварц, цинк, олово, кам'яне вугілля, алмаз, платину і золото. Він відзначив, що в герметично запаяній скляній посудині з вакуумом алмаз при нагріванні обвуглюється, а на повітрі згорає повністю.

Виникнення горіння найчастіше пов'язане з нагріванням горючої суміші, що спричиняє те чи інше джерело запалення. При нагріванні горючої системи енергія молекул пального й окисника збільшується. Реакція окиснення є екзотермічною та за відповідних умов може самоприскорюватися.

NON MULTA, SED MULTUM

Наука про горіння у своєму розвитку пододала довгий шлях: флогістонну теорію горіння замінила гіпотеза М.В. Ломоносова про те, що горіння – це взаємодія горючої речовини з повітрям; нарешті, Лавуазьє винайшов, що горіння – взаємодія горючої речовини з киснем повітря, тобто реакція окиснення.

Флогістон (грец. φλογιστόν – займистий, горючий), як уважали хіміки XVIII ст, – гіпотетична основа горючості, «вогненна субстанція», що нібито наповнює всі горючі речовини і вивільнюється з них при горінні.

Гіпотеза флогістону була першою теорією в хімії й дозволила узагальнити безліч реакцій. Це було помітним кроком на шляху становлення хімії як науки. У 70-х роках XVIII століття теорію флогістону було спростовано працями Антуана Лавуазьє, завдяки яким її змінила інша – киснева теорія горіння.

Бах А. та Енглер К. у 1898 р. незалежно один від одного запропонували перекисну теорію окиснення, відповідно до якої під час нагрівання горючої суміші відбувається активізація кисню шляхом розриву одного зв'язку між його атомами ($O=O \rightarrow -O-O-$), причому активна молекула вступає у сполучення з горючою речовиною, не розпадаючись на атоми, а утворюючи перекисні сполуки типу R-O-O-R, або R-O-O-OH, які є нестійкими і розкладаються з утворенням атомарного кисню та (або) радикалів, що мають надлишок енергії для проведення окиснення. Однак перекисна теорія не може пояснити деякі характерні особливості процесу окиснення, наприклад різку дію іноді незначних слідів сторонніх домішок та ін.

В основі сучасного розуміння механізму горіння лежить теорія академіка М. М. Семенова про ланцюгові реакції. Згідно із цією теорією процес окиснення починається з активації горючої речовини. Реакція окиснення супроводжується виділенням теплоти і за певних умов може самоприскорюватися.

NON MULTA, SED MULTUM

Мико́ла Микола́йович Семёнов (рос. Николай Николаевич Семёнов; 3 (15 квітня) 1896, Саратов – 25 вересня 1986, Москва) – радянський хіміко-фізик, один з основоположників хімічної фізики, академік АН СРСР (1932 р.; член-кореспондент з 1929 р.), єдиний радянський лауреат Нобелівської премії з хімії.



З 1926 р. інтереси вченого зосередилися на кінетиці газофазних реакцій, процесах горіння і вибуху. У 1928 р. Семенов сформулював теорію т.зв. ланцюгових хімічних реакцій, критичні умови теплового вибуху, а в наступні роки – загальну теорію розгалужених, вироджено-розгалужених і нерозгалужених ланцюгових реакцій. У її основі лежало уявлення про те, що активна частинка (атом, радикал, збуджена молекула) реакційної суміші може вступати в реакцію, продуктами якої є вже дві активні частинки, і так далі по ланцюжку. За ці роботи Семенов був нагороджений у 1956 р. Нобелівською премією з хімії (спільно з англійським хіміком

Сирілом Хиншелвудом).

У 1963 р. учений відкрив ланцюгові реакції з енергетичним розгалуженням. Ідеї Семенова знайшли застосування в науці про реакції полімеризації й у промисловому виробництві полімерів, при дослідженні металокомплексного каталізу, у вивченні каталітичних процесів у біологічних системах.

Розрізняють два *випадки виникнення горіння*:

- 1) запалення горючої суміші при її локальному розігріванні до температури займання з наступним стійким горінням з полум'ям;
- 2) одночасне нагрівання до високої температури всього об'єму горючої суміші, яка знаходиться всередині деякого об'єму.

У процесі горіння розрізняють **три основні стадії** – окиснення, самозаймання та горіння.

NON MULTA, SED MULTUM

При накопиченні теплоти швидкість реакції зростає, виникає самозаймання і з'являється полум'я. Від початкової температури T_{Π} до температури окиснення T_{O} теплота витрачається на плавлення, випаровування або розкладання горючої речовини. На проміжку від T_{O} до T_{C3} температура підвищується швидше за рахунок теплоти реакції окиснення до тих пір, поки тепловиділення не стануть рівними тепловіддачі у навколишнє середовище. Цей момент на схемі (рис. 9.1) позначений температурою самозаймання T_{C3} . Далі реакція розвивається самостійно без надходження теплоти ззовні й характеризується температурою полум'я $T_{\text{пол}}$, яка переходить у температуру горіння T_{Γ} . Надалі процес описується відносно постійною температурою горіння.

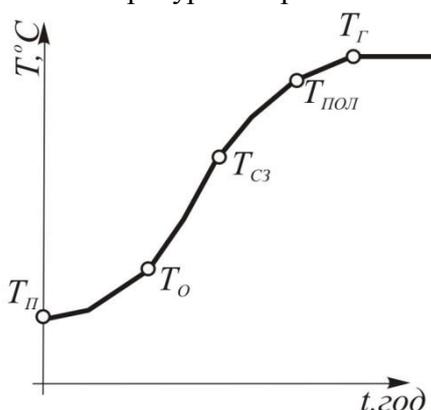


Рис. 9.1. Характеристика процесу горіння
 T_{Π} – початкова температура (починається розкладання речовини, зміна агрегатного стану);
 T_O – температура окиснення; T_{C3} – температура самозаймання (порушується баланс теплоти);
 $T_{\text{пол}}$ – температура полум'я; T_{Γ} – температура горіння

Розрізняють такі **види горіння**:

- 1) **повне** – при достатній або надлишковій кількості окисника, при такому горінні виділяються нетоксичні речовини;
- 2) **неповне** – відбувається при недостатній кількості окисника. При неповному горінні утворюються продукти неповного згорання, серед яких є

токсичні речовини (чадний газ, водень);

3) **дифузійне** – горіння за умов, коли горюча речовина й окисник розділені зоною горіння, тобто залежить від дифузії окисника (кисню) в зоні горіння;

Зверніть увагу! При дифузійному горінні горюча речовина й повітря не перемішані один з одним. У цьому випадку повітря стискається з поверхнею горючої речовини і надходить до неї через продукти горіння. Швидкість такого горіння буде залежати від швидкості дифузії кисню повітря в зоні реакції.

NON MULTA, SED MULTUM

Якщо кисень проникає в зону горіння внаслідок дифузії, то полум'я, що утворюється, називається дифузійним (рис. 9.2). У зоні б знаходяться гази або пара, горіння в цій зоні не відбувається (температура в ній не перевищує 500°C). У зоні 5 пара або гази згоряють не повністю та частково відновлюються до вуглецю. У зоні 4 відбувається повне згорання продуктів зони 5 і спостерігається найбільш висока температура полум'я. Висота полум'я обернено пропорційна коефіцієнту дифузії, який у свою чергу пропорційний температурі в степені від 0,5 до 1. Висота полум'я зростає зі збільшенням швидкості потоку газів та змінюється обернено пропорційно до густини газів і парів. Від дифузійного відрізняється полум'я, що утворюється при кінетичному горінні, тобто наперед перемішаного горючого газу з повітрям. Це полум'я при запалюванні якої-небудь частини об'єму горючої суміші є зоною, що світиться, в якій стикаються один з одним свіжа суміш і продукти горіння; зона горіння завжди рухається у бік свіжої горючої суміші, а фронт полум'я має переважно сферичну форму. При тому, що згоряє суміш горючих газів або парів з повітрям, які подаються з певною швидкістю в зону горіння, утворюється стаціонарне полум'я, що має форму конуса. У внутрішній частині конуса суміш підігрівається до температури запалювання. У решті частини конуса відбувається горіння, характер якого залежить від складу суміші. Якщо в суміші недостатньо кисню, то в зовнішній частині конуса

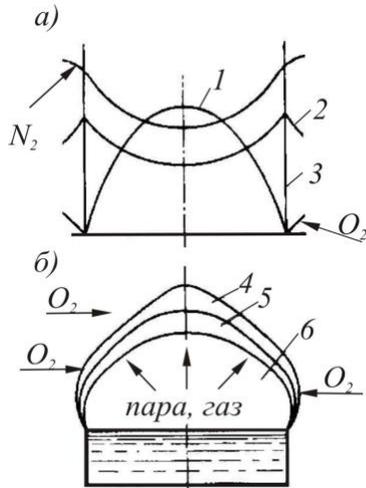


Рис. 9.2. Дифузійне полум'я:

а – розподіл концентрації газів у полум'ї;

б – схематичний розріз полум'я;

1 – горючий газ; 2 – продукти згорання; 3 – фронт (поверхня) полум'я; 4, 5, 6 – зони дифузійного полум'я

відбувається повне згорання продуктів, що утворилися при неповному горінні у внутрішній частині конуса.

Таким чином, у полум'ї одночасно можуть відбуватися процеси дифузійного горіння і горіння заздалегідь змішаних компонентів горючої суміші.

4) **кінетичне** – горіння, при якому горюча речовина й повітря перемішані між собою та являють собою найчастіше суміш газів або пилу з повітрям;

Зверніть увагу! Швидкість горіння у цьому випадку не залежить від дифузії повітря, а визначається швидкістю хімічної реакції й проявляється як вибух чи детонація.

5) **гомогенне** – речовини, що вступають у реакцію окиснення, мають однакові

агрегатні стани. Якщо при цьому горюча рідина та окисник не перемішані, то відбувається дифузійне горіння;

б) **гетерогенне** – наявне, якщо початкові речовини знаходяться в різних агрегатних станах і присутня межа поділу фаз у горючій системі. Гетерогенне горіння, при якому одночасно утворюються потоки горючих газоподібних речовин, є одночасно й дифузійним горінням.

Зверніть увагу! Фаза – однорідна в усіх точках за складом і властивостями частина системи, яка відокремлена від інших частин поверхнею розділу фаз.

Прикладом гомогенних систем можуть бути: суміш газів, рідкий розчин, індивідуальний кристал.

Прикладом гетерогенних можуть бути системи: «газ – рідина», «газ – кристал», «рідина – кристал» тощо.

За швидкістю поширення полум'я горіння поділяється на:

1) **дефлаграційне горіння** – швидкість полум'я в межах декількох метрів за секунду;

2) **вибухове** – надзвичайно швидке хімічне перетворення, що супроводжується виділенням значної енергії й утворенням стиснених газів, здатних виконувати механічну роботу, і характеризується надлишковим тиском й утворенням ударної хвилі;

Зверніть увагу! При вибуховому горінні швидкість полум'я досягає сотень метрів за секунду.

3) **детонаційне** – реакція горіння відбувається майже одночасно по всьому об'єму, при цьому горіння поширюється з надзвичайною швидкістю, що сягає кількох тисяч метрів за секунду.

Зверніть увагу! Виникнення детонацій пояснюється стисненням, нагріванням та переміщенням незгорілої суміші перед фронтом полум'я, що призводить до прискорення поширення полум'я і виникнення в суміші ударної хвилі.

Виділяють і такі наступні **форми горіння**:

Ø **спалах** – короткочасне інтенсивне згоряння обмеженого об'єму газоповітряної суміші над поверхнею горючої речовини або пилоповітряної суміші, що супроводжується короткочасним видимим випроміненням, але без ударної хвилі та стійкого горіння;

Ø **займання** – процес виникнення горіння при нагріванні частини горючої речовини джерелом запалювання;

Ø **тління** – безполуменеве горіння матеріалу (речовини) у твердій фазі з видимим випроміненням світла із зони горіння;

Ø **самозаймання** – явище різкого зростання швидкості самоініційованих екзотермічних реакцій, що призводить до виникнення горіння речовини без джерела займання.

Зверніть увагу! Речовини, які мають температуру самозаймання нижчу ніж 50°C, називаються самозаймистими, а процес виникнення горіння у результаті самонагрівання – **самозагорянням**.

Залежно від теплового імпульсу **самозаймання буває**:

1. **Теплове** – виникає при переважанні швидкості виділення тепла над швидкістю віддачі тепла в навколишнє середовище.

Зверніть увагу! Теплове самозаймання виникає при зовнішньому нагріванні матеріалу

(речовини) *контактним* (теплообмін при контакті з нагрітим предметом), *радіаційним* (унаслідок променистого тепла) або *конвективним* (унаслідок передачі тепла повітряним потоком) шляхом.

Примітка. Швидкість тепловиділення q_1 визначається із залежності

$$q_1 = QVK_0 C^v e^{-E/(RT)}, \text{ ккал/год,}$$

де Q – теплота згоряння горючої суміші, ккал; V – об’єм горючої суміші, m^3 ; C – концентрація реагуючої речовини у суміші, $кг/m^3$; v – сумарний порядок реакції; E – енергія активації, Дж; R – газова постійна, Дж/(мольЖ); T – температура горючої суміші, К.

Зверніть увагу! Швидкість хімічної реакції прийнято вважати кількістю речовини, що реагує за одиницю часу в одиниці об’єму. Енергія активації є енергією, необхідною для перебудови внутрішньомолекулярних зв’язків старої хімічної системи й утворення нових молекулярних зв’язків нової системи.

Швидкість тепловідводу q_2 у навколишнє середовище визначається із залежності

$$q_2 = aS(T_2 - T_1),$$

де a – коефіцієнт тепловіддачі від горючої суміші до стінок посудини, $Вт/(м^2К)$; S – загальна площа поверхні стінок посудини, m^2 ; T_2 , T_1 – температура суміші та стінок посудини, К.

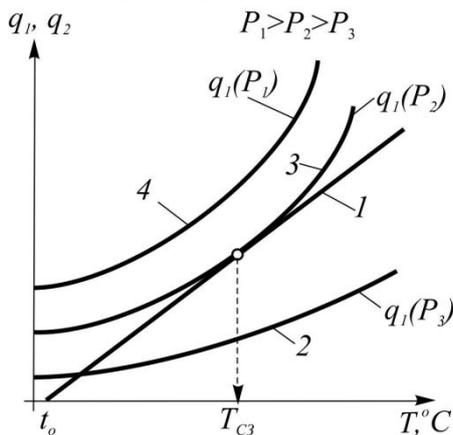


Рис. 9.3. Графічне визначення температури самозаймання:

1 – швидкість тепловідводу в навколишнє середовище; 2, 3, 4 – швидкість тепловиділення залежно від тиску; t_0 – початкова температура; T_{C3} – температура самозаймання

NON MULTA, SED MULTUM

Розглянемо процес теплового самозаймання на прикладі суміші горючого газу або парів горючої рідини з повітрям у посудині об’ємом V . При підвищенні температури посудини і горючої суміші швидкість реакції та виділення тепла збільшиться.

Тепло, що виділяється, передається горючій суміші, і вона нагрівається. Як тільки температура суміші перевищить температуру стінок посудини, почнеться відведення тепла через стінки посудини у навколишнє середовище.

На рисунку 9.3 криві 2 – 4 показують залежність тепловиділення від температури при різному тиску й однаковому складі суміші. При постійних температурах посудини і середовища та постійному складі суміші кількість, що відводиться із зони горіння тепла, характеризується прямою 1. При зміні складу суміші зміниться і швидкість тепловтрат, а отже, нахил прямої. Чим вищий тиск, тим більше виділяється теплоти при реакції (крива 4). В умовах, визначених кривою 2, самозаймання виникнути не може, оскільки тепловтрати (пряма 1) вищі за тепловідведення при цьому тиску. Точка дотику кривої 3 з прямою 1 відповідає рівновазі між теплом, що виділяється і відводиться, при T_{C3} – мінімальній температурі самозаймання такої горючої суміші в заданих умовах.

При незначному підведенні енергії ззовні можливе самозаймання. Крива 4 характеризує умови, при яких неминуче самозаймання, оскільки виділяється тепла більше,

ніж відводиться.

Аналізуючи наведену схему, М. М. Семенов установив залежність між T_{C3} і p

$$\lg \frac{p_{кр}}{T_{C3}} = \frac{E}{nRT_{C3}} + B,$$

де $p_{кр}$ – мінімальний тиск запалювання; T_{C3} – мінімальна температура самозаймання; n – порядок реакції; B – постійна, залежна від складу й інших властивостей суміші.

На підставі цього рівняння можна теоретично наперед визначити, чи можливе самозаймання горючої суміші у даних конкретних умовах.

Зверніть увагу! Разом з тим теплова теорія самозаймання не в змозі пояснити ряд особливостей, які спостерігаються при терті. Ці особливості пояснюються за допомогою теорії ланцюгових реакцій.

2. *Ланцюгове* – виникає за наявності активних центрів, які породжують інші активні центри, причому кількість цих центрів швидко зростає (рис. 9.4).

Зверніть увагу! При ланцюговому самозайманні причиною прискорення реакції є перевищення швидкості розгалуження ланцюгів над їх обриванням.

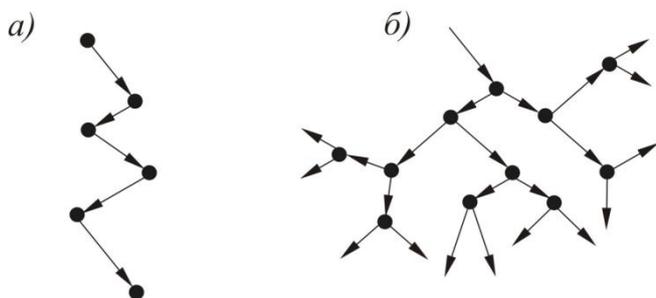


Рис. 9.4. Схема ланцюгової реакції:
а – нерозгалуженої;
б – розгалуженої

NON MULTA, SED MULTUM

Сутність ланцюгових реакцій полягає в тому, що за певних умов, не обов'язково пов'язаних з підвищенням температури, у горючій суміші утворюються активні центри – атоми, радикали, які мають підвищену активність і легко взаємодіють з іншими молекулами або руйнують старі зв'язки у молекулах вихідних компонентів горючої системи, утворюючи нові активні центри.

Характер протікання ланцюгової реакції істотно залежить від того, скільки вторинних активних центрів утвориться при елементарній реакції активного центра – один або більше одного. У першому випадку загальне число активних центрів залишається незмінним, а в другому – безупинно зростає, і реакція самоприскорюється. Ланцюгові реакції першого типу називаються **нерозгалуженими**, а другого – **розгалуженими**.

Типовим прикладом нерозгалуженої ланцюгової реакції є взаємодія хлору з воднем. Молекула хлору порівняно легко дисоціює на атоми, наприклад, під дією світла $\text{Cl}_2 \rightarrow 2\text{Cl}$. Атомний хлор легко взаємодіє з воднем: $\text{Cl} + \text{H}_2 = 2\text{HCl} + \text{H}$. Атомарний водень, що утворюється при реакції, реагує з молекулярним хлором: $\text{H} + \text{Cl}_2 \rightarrow \text{HCl} + \text{Cl}$. Підсумовуючи зазначені реакції, одержимо $\text{Cl} + \text{H}_2 + \text{Cl}_2 \rightarrow \text{Cl} + 2\text{HCl}$. Видно, що активні центри ланцюгової реакції – атоми водню й хлору – не витрачаються, їхня концентрація залишається незмінною.

Характер розвитку ланцюгового процесу і можливість його завершення самозайманням або вибухом визначаються співвідношенням між реакціями розгалуження і обриву ланцюгів.

Розрив ланцюга пов'язаний із загибеллю активного центра, що може відбутися як в об'ємі реагуючої суміші, так і на стінках реакційної посудини. Причинами обриву ланцюга в об'ємі є: побічна реакція активного центра з домішками, що містяться в суміші; розсіювання активною частинкою надмірної хімічної енергії при зіткненнях з неактивними молекулами.

Обрив ланцюга на стінках реакційної посудини пояснюється адсорбцією активних центрів на його поверхні.

Зверніть увагу! Ланцюгові реакції, так само як і неланцюгові, *прискорюються з підвищенням температури*. Розігрів суміші та нагромадження активних центрів підсилюють один одного й одночасно прискорюють протікання реакції.

ЗАПАМ'ЯТАЙТЕ! Якщо, згідно з тепловою теорією, причиною і слідством самозаймання є тепло, то за ланцюговою теорією тепло – тільки наслідок процесу. У реальних умовах процеси самозаймання і горіння мають одночасно ланцюговий і тепловий характер.

3. **Мікробіологічне** – відбувається внаслідок самонагрівання, що спричинене життєдіяльністю мікроорганізмів у масі органічних волокнистих чи дисперсних матеріалів (невисушені матеріали рослинного походження).

NON MULTA, SED MULTUM

Торф, обпилювання (стружка, тирса), деякі марки вугілля, промаслене дрантя, бавовна й ін. матеріали мають *велику пористість*, а отже, мають *більшу поверхню окиснювання*. Мікробіологічне самозаймання полягає у тому, що при відповідній вологості й температурі у природних органічних матеріалах рослинного походження інтенсифікується життєдіяльність мікроорганізмів та утворюється грибок. При цьому підвищується температура й змінюються форми мікроорганізмів. Коли температура підвищується до 75°C , мікроорганізми гинуть, але вже починаючи з температури 60°C відбувається їх окиснення та обвуглення деяких органічних сполук з утворенням дрібнопористого вугілля. Утворене вугілля за рахунок адсорбції кисню повітря розігривається до температури розкладу й активного окиснення органічних сполук, що призводить до самозаймання.

Зверніть увагу! При неправильній організації зберігання таких матеріалів (у погано вентильованих приміщеннях, штабелях або просто навалом) створюються умови, за яких відбувається саморозігрів і samozапалювання цих речовин.

4. **Хімічне**. Поділяється на *три групи*:

1) речовини і матеріали, що самозаймаються від впливу повітря (масла, жири на волокнистій поверхні, торф, ганчір'я, тирса і т. д.);

2) речовини та матеріали, що самозаймаються від впливу води (карбід кальцію і лужних металів, натрій, калій, цезій та ін.);

3) речовини і матеріали, що самозаймаються від змішування одні з одним (ацетилен, водень, метан, етилен у суміші з хлором) або від дії хімічно активних речовин – газоподібні, рідкі та тверді окиснювачі (стиснений кисень призводить до самозаймання мінеральних масел).

9.2. Пожежа та її особливості

NON MULTA, SED MULTUM

Вогонь супроводжує людину на всьому шляху розвитку цивілізації. Коли люди спочатку навчилися користуватися вогнем, а потім видобувати його, їхні можливості збільшилися багаторазово. Так було доведено, що вогонь може зберігати від псування продукти харчування, очищати поля від бур'янів, за допомогою нього можна виплавляти метал. Вогонь допоміг людині розселитися на планеті, забезпечивши потрібне тепло в різних кліматичних умовах. Він був необхідним чинником для виникнення й життя сім'ї. Він збирає навколо себе людей, володіє об'єднувальною та очищувальною силою. Уміння користуватися вогнем дало людині почуття незалежності від циклічної зміни тепла й холоду, світа й темряви.

Вогонь є важливим емоційним символом. З непокритими головами люди дивляться на Вічний вогонь біля пам'ятників загиблим, кожен чотири роки спостерігають естафету запаленого від сонячних променів олімпійського вогню, поети оспівують вогонь любові.

Робота двигунів внутрішнього згорання, польоти літаків та космічних кораблів стали можливими завдяки опануванню й умілому використанню могутньої сили вогню.

У той же час усім відомий дуалізм природи дії вогню на людину та середовище її існування. Вогонь, що вийшов з-під контролю, здатний викликати значні руйнівні, а також смертоносні наслідки. До таких проявів вогняної стихії належать пожежі.

Пожежа – неконтрольоване горіння поза спеціальним вогнищем, що поширюється у часі та просторі.

Пожежа – позарегламентний процес знищення або пошкодження вогнем майна, під час якого виникають чинники, небезпечні для живих істот і довкілля.

NON MULTA, SED MULTUM

Проблема пожеж стає глобальною за своїми масштабами, зачіпає не тільки національні, але й міжнародні інтереси. Катастрофа на Чорнобильській АЕС, тривалі пожежі нафтових об'єктів Іраку як наслідок війни у Перській затоці, горіння великих лісних масивів переконує нас у цьому.

Щорічно на Землі виникає близько 7 мільйонів пожеж! Статистика свідчить, що при зростанні населення на 1% кількість пожеж збільшується приблизно на 5%, а збитки зростають на 10%. Згідно з прогнозами, зробленими на основі пожежної статистики, у світі протягом року може загинути на пожежах 225 тис. осіб, 2 млн 250 тис. осіб – отримати каліцтво, 4,5 млн – тяжкі опікові травми.

Кожні п'ять секунд на земній кулі виникає пожежа, а в Україні – кожні 10 хвилин. Протягом однієї доби в Україні виникає 120 – 140 пожеж, у яких гинуть 6 – 7, отримують травми 3 – 4 людини, вогнем знищується 32 – 36 будівель, 4 – 5 одиниць техніки.

Переважає більшість пожеж (близько 75%) та загиблих на них людей (понад 90%) припадає на житловий сектор. Зважаючи на те, що населення України складає близько 1% населення світу, щорічна кількість загиблих від пожеж людей у нашій державі перевищує 4% загальної кількості загиблих від пожеж у світі, що більше, ніж відповідний показник у провідних країнах світу, у 2 – 8 разів.

Причинами пожеж є:

- Ø недоліки проектування, зведення й експлуатації будівель і споруд;
- Ø порушення вимог складування, зберігання та використання пожежовибухонебезпечних речовин і матеріалів;
- Ø недосконалість засобів виявлення пожеж та їх ліквідації;
- Ø недоліки технологій, недостатній технічний нагляд;
- Ø необережне поводження з вогнем.

Збитки від пожеж поділяють на *прямі* і *побічні*.

Ø *прямі збитки* – це втрати, пов'язані зі знищенням або пошкодженням вогнем, водою, димом і внаслідок високої температури основних фондів та іншого майна підприємств, а також громадян, якщо ці втрати мають прямий причинний зв'язок з пожежею;

Ø *побічні збитки* – це втрати, пов'язані з ліквідацією пожежі, а також зумовлені простоем виробництва, перервою у роботі, зміною графіка руху транспортних засобів та іншою вигодою, втраченою внаслідок пожежі.

Зверніть увагу! Побічні збитки перевищують прямі приблизно у 3 – 4 рази.

Під час пожежі на працівників можуть діяти такі **шкідливі й небезпечні чинники**:

✓ *токсичні продукти горіння* (при горінні синтетичних матеріалів – синильна кислота (пінополіуретан, капрон), хлористий водень і оксид вуглецю (пінопласт, вініпласт), сірководень і сірчистий газ (лінолеум)) (табл. 9.1);

✓ *вогонь* – теплове випромінювання полум'я, що може викликати опіки та больові відчуття, вдихання розігрітого повітря може викликати ураження органів дихання;

Зверніть увагу! Під час пожежі температура полум'я може досягати $1200...1400^{\circ}\text{C}$. Мінімальна відстань у метрах, на якій людина ще може знаходитися від полум'я, приблизно становить $R=1,6H$, де H – середня висота полум'я в метрах.

✓ *дим* – аерозоль з великою кількістю найдрібніших твердих частинок незгорілої речовини, що утворилися у результаті об'ємної конденсації перенасичених парів і при хімічних реакціях деяких речовин, що знаходяться у газоподібному стані;

Зверніть увагу! Дим викликає подразнення органів дихання та слизових оболонок, крім того, у заплених приміщеннях унаслідок погіршення видимості сповільнюється евакуація людей, а часом її провести зовсім неможливо.

✓ *температура диму* – це фактор, який часто не враховується, але також являє собою значну небезпеку для життя людини. Так, при температурі диму, що вдихається, 60°C (за відсутності токсичних речовин) можливе настання смерті;

✓ *недостатня кількість кисню* – норма кисню в атмосферному повітрі – 21%, зменшення концентрації кисню до 14% призводить до порушення координації рухів, запаморочення, слабкості, гальмування свідомості; при концентрації кисню 9 – 11% смерть настає за кілька хвилин;

✓ *вибухи, витікання небезпечних речовин* – утворення нових осередків пожежі, збільшення площі пожеж, утворення вибухової хвилі;

✓ *перенос вогню на сусідні будівлі* іскрами, випромінюванням, конвекцією;

✓ *руйнування будівельних конструкцій* – відбувається при втраті несучої здатності конструкцій під час вибуху та при дії високих температур;

✓ *психофізичні чинники* – паніка, стрес.

Таблиця 9.1

Порогові концентрації деяких токсичних продуктів горіння

Речовини	Концентрація					
	смертельна за умови вдихання протягом 5...10 хв		небезпечна за умови вдихання протягом 0,5...1,0 год		переносима за умови вдихання протягом 0,5 ... 1,0 год	
	%	г/м ³	%	г/м ³	%	г/м ³
Оксид азоту	0,05	1,0	0,01	0,2	0,005	0,1
Оксид вуглецю	0,5	6,0	0,2	2,4	0,1	1,2
Вуглекислий газ	9,0	162	5,0	90	3,0	54

Продовження таблиці 9.1

Сірчаний газ	0,3	8,0	0,04	1,1	0,01	0,3
Сірководень	0,08	1,1	0,04	0,6	0,02	0,3
Сірковуглець	0,2	6,0	0,1	3,0	0,05	1,5
Синильна кислота	0,02	0,2	0,01	0,1	0,005	0,05

Таблиця 9.2

Інтенсивність теплового випромінювання та час, протягом якого людина може його витримати

Інтенсивність теплового випромінювання, $Вт/м^2$	840	1400	2100	2800	3500	7000
Час витримування дії теплового випромінювання, $с$	360	150	40...60	30...40	10...30	5...11

Залежно від *агрегатного стану й особливостей горіння* різних горючих речовин і матеріалів **пожежі** поділяються на відповідні **класи та підкласи**:

Ø **клас А** – горіння твердих речовин, що супроводжується (підклас А1) або не супроводжується (підклас А2) тлінням;

Ø **клас В** – горіння рідких речовин, що не розчиняються (підклас В2) у воді;

Ø **клас С** – горіння газів;

Ø **клас Д** – горіння металів легких, за винятком лужних (підклас Д1), лужних (підклас Д2), а також металовмісних сполук (підклас Д3);

Ø **клас Е** – горіння електроустановок під напругою.

У процесі **розвитку пожежі** умовно можна виділити *три фази*:

I фаза (початкова) – зазвичай триває 5...30 хв, температура підвищується повільно до кінця фази.

Зверніть увагу! Повільний розвиток пожежі пояснюється тим, що приплив свіжого повітря утруднений, оскільки закриті вікна та двері, крім того, багато теплоти витрачається на прогрів і підготування горючих матеріалів до займання.

II фаза – вогонь інтенсивно розповсюджується з високою швидкістю наростання температури.

III фаза – у міру вигорання матеріалів температура в приміщенні починає падати.

Орієнтовно **тривалість пожежі** можна визначити з рівняння

$$q \cdot F_{гор} = Q \cdot W_г \cdot g$$

де q – питома кількість теплоти пожежі, $Дж/(м^2 \cdot год)$; t – тривалість пожежі, $год$; $F_{гор}$ – площа поверхні горіння, $м^2$; Q – кількість теплоти згорання, $Дж/кг$; $W_г$ – об'єм горючої речовини, $м^3$; g – щільність горючої речовини, $кг/м^3$.

Якщо площа приміщення дорівнює площі поверхні горіння, то

$$t = \frac{Q \cdot W_г \cdot g}{q \cdot F_{гор}} = \frac{Q \cdot N}{q}$$

де $N = (g \cdot W_г) / F_{гор}$ – питома завантаження приміщення, $кг/м^2$.

Зверніть увагу! З урахуванням того, що спалиме навантаження житлових і громадських приміщень в основному складають вироби з деревини, питома спалиме навантаження для цих приміщень приймають 56 кг/м^2 , для квартир, які заповнені меблями, – 50 кг/м^2 , для складів, книгосховищ – $100...800 \text{ кг/м}^2$.

Питома теплота пожежі

$$q = zQnb,$$

де n – вагова швидкість згорання, кг/м^2 ; b – коефіцієнт, який урахує швидкість згорання; z – коефіцієнт хімічного недопалу.

Зверніть увагу! Коефіцієнт хімічного недопалу z для практичних цілей приймають $0,9$ при горінні рідких вуглеводнів; $0,95...0,99$ – при горінні твердих горючих речовин.

Тоді

$$t = \frac{N}{znb}.$$

У процесі розвитку пожежі швидкість горіння змінюється і залежить від площі віконних і дверних прорізів $F_{\text{вік}}$, які обумовлюють приплив кисню. Коефіцієнт b можна визначити за емпіричними формулами:

$$b = \frac{6F_{\text{вік}}}{F_n} = \frac{0,16F_n}{F_{\text{вік}}},$$

де F_n – площа підлоги, м^2 .

Зверніть увагу! Розраховане таким чином питома завантаження приміщення і тривалість пожежі дає можливість розробити заходи щодо попередження пожежі. Вони полягають у забезпеченні необхідною кількістю засобів гасіння і правильним їх розміщенням.

9.3. Пожежна безпека на виробництві

Пожежна безпека – такий стан будь-якого об'єкта, при якому виключається можливість виникнення пожежі, а у випадку її виникнення – забезпечується захист людей від небезпечних факторів та максимально зберігаються матеріальні цінності.

Зверніть увагу! При розробленні протипожежних заходів приймається, що нормована ймовірність виникнення пожежі становить 10^{-6} на рік на один пожежонебезпечний вузол об'єкта, така ж нормована ймовірність впливу шкідливих і небезпечних чинників пожежі на людей.

Завдання пожежної безпеки – профілактика й попередження пожеж.

Функції пожежної безпеки:

- 1) постійний контроль;
- 2) розроблення нормативних актів;
- 3) розроблення засобів виявлення і ліквідації пожеж;
- 4) експертиза проектної документації;
- 5) приймання споруд в експлуатацію;
- 6) надання консультацій, пропаганда та роз'яснювальна робота.

Пожежна безпека **забезпечується**:

Ø системою запобігання пожежам – комплексом засобів і заходів, які не допускають виникнення пожежі;

Ø системою пожежного захисту – комплексом засобів та заходів, що дозволяють швидко припинити пожежу.

Система запобігання пожежі досягається:

Ø попередженням утворення горючого середовища;

Ø попередженням утворення в горючому середовищі або внесення до нього джерел запалювання.

Загальна схема попередження пожеж на діючих об'єктах зображена на рисунку 9.5.

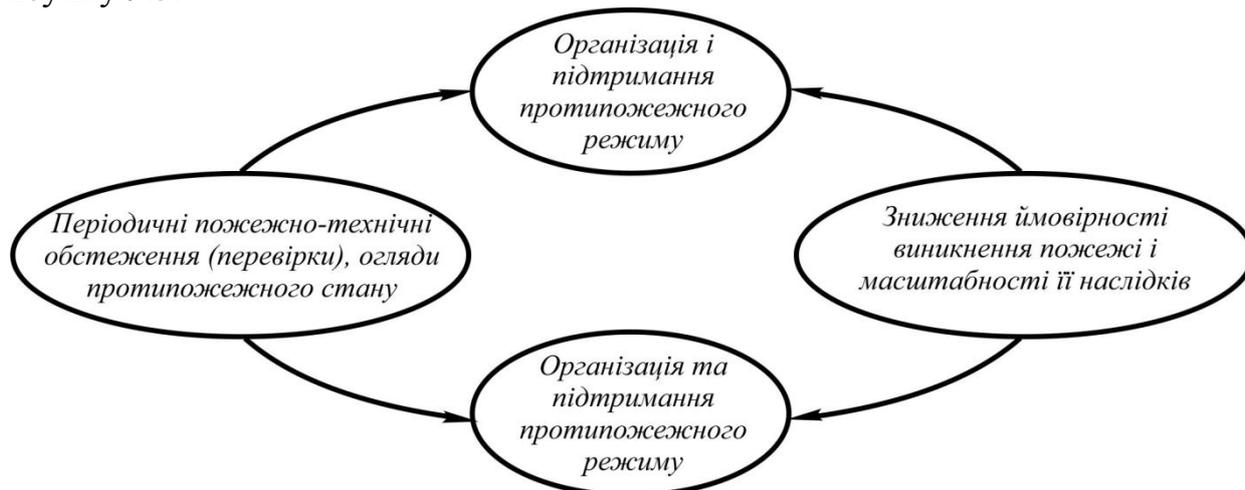


Рис. 9.5. Схема попередження пожеж на виробничих об'єктах

Відповідно до Правил пожежної безпеки в Україні основними організаційними заходами щодо забезпечення пожежної безпеки є:

Ø визначення обов'язків посадових осіб щодо забезпечення пожежної безпеки;

Ø установлення на кожному підприємстві (в установі, організації) відповідного протипожежного режиму;

Ø розроблення й затвердження загальнооб'єктової інструкції про заходи пожежної безпеки та відповідних інструкцій для всіх вибухопожежонебезпечних і пожежонебезпечних приміщень, організація вивчення цих інструкцій працівниками;

Ø розроблення планів (схем) евакуації людей на випадок пожежі;

Ø установлення порядку (системи) оповіщення людей про пожежу, ознайомлення з ним працівників;

Ø визначення категорій будівель і приміщень за вибухопожежною та пожежно небезпечною відповідно до вимог чинних нормативних документів, установлення класів зон за Правилами влаштування електроустановок;

Ø забезпечення територій, будівель і приміщень відповідними знаками пожежної безпеки, табличками із зазначенням номера телефону та порядку виклику пожежної охорони;

Ø створення й організація роботи пожежно-технічних комісій, добровільних пожежних дружин та команд.

9.4. Параметри, які визначають вибухопожежну небезпеку речовин і матеріалів

Пожежовибухонебезпе́ка речовин та матеріалів – це сукупність властивостей, які характеризують їх схильність до виникнення й поширення горіння, особливості горіння і здатність піддаватися гасінню загорянь.

Згідно з ДСТУ Б В.2.7-19-95, за горючістю речовини та матеріали поділяються на *три групи*:

1) негорючі (неспалимі) – речовини і матеріали, що нездатні спалахувати, горіти, тліти та обвуглюватися у повітрі нормального складу під дією вогню чи високої температури (неорганічні матеріали – граніт, вапняк, пісок, цегла, залізобетон, мінеральна вата, метал, гіпс);

Зверніть увагу! Негорючі речовини можуть бути пожежонебезпечними, наприклад речовини, що виділяють горючі продукти при взаємодії з водою.

2) важкогорючі (важко спалимі) – рідини і матеріали, які здатні до займання у повітрі від джерела запалювання, однак після його вилучення не здатні до самостійного горіння, але можуть тліти й обвуглюватися (матеріали, що містять горючі та негорючі складові частини (асфальтобетон, гіпсові й бетонні матеріали з умістом органічного наповнювача >8%, глиняно-солом'яні матеріали зі щільністю >900 кг/м³, мінераловатяні плити з бітумною основою 7 – 15%, цементний фіброліт, деревина, глибоко просочена антипіренами, ДСП, ДВП);

3) горючі (спалимі) – речовини і матеріали, які здатні до самозаймання, а також займання від джерела запалювання та самостійно горіти після його вилучення (органічні речовини):

а) *легкозаймисті* – займаються від джерела запалювання незначної енергії без попереднього нагрівання;

б) *важкозаймисті* – займаються від порівняно потужного джерела запалювання (картон, руберойд).

Пожежовибухонебезпечність усіх речовин і матеріалів оцінюють залежно від *агрегатного стану* (газ, рідина, тверда речовина) й окремо виділяють *пил*.

Температура спалаху ($t_{сп}$) – найменша температура конденсованої речовини, за якої при встановлених умовах випробовування над її поверхнею утворюється пара або газ, здатні спричинити спалах у повітрі під впливом джерела запалювання, але швидкість утворення пари недостатня для підтримання стійкого горіння.

Ø *Легкозаймисті рідини (ЛЗР)* – температура спалаху до 61°C у закритому тиглі (бензин, ацетон);

Ø *Горючі рідини (ГР)* – понад 61°C у закритому тиглі або 66°C у відкритому тиглі (мінеральні мастила, мазут).

Температуру спалаху можна знайти, обчисливши відповідний їй тиск парів

$$P = \frac{P_{атм}}{1 + (N - 1) \cdot 4,76} \%, \text{ або } P = P_{заг} / (8 \cdot N),$$

де P – тиск пари при температурі спалаху; $P_{атм}$ – атмосферний тиск; $P_{заг}$ –

тиск суміші парів з повітрям; N – число молей кисню, необхідне для згорання одного моля горючої рідини.

Знаючи тиск парів, згідно з відповідними номограмами або таблицями визначають температуру спалахування.

Температура займання ($t_{займ}$) – найменша температура речовини, при якій за встановленими умовами випробовування матеріал (речовина) виділяє горючі пару та газу з такою швидкістю, що під час впливу на них джерела запалювання спостерігається спалахування – початок стійкого полуменевого горіння.

Зверніть увагу! Різниця температур спалаху та займання ЛЗР може бути у межах 5...15°C. Чим нижча температура спалаху рідини, тим меншою є ця різниця і відповідно більш пожежонебезпечна ця рідина.

Температура самозаймання ($t_{сзайм}$) – найменша температура речовини, при якій за встановленими умовами випробовування різко збільшується швидкість екзотермічних об'ємних реакцій, що призводить до виникнення полуменевого горіння або вибуху за відсутності зовнішнього джерела полум'я.

NON MULTA, SED MULTUM

Температура самозаймання речовини залежить від ряду факторів і змінюється у широких межах. Найбільш значною є залежність температури самозаймання від об'єму та геометричної форми горючої суміші. Із збільшенням об'єму горючої суміші при незмінній її формі температура самозаймання знижується, тому що зменшується площа тепловіддачі на одиницю об'єму речовини та створюються більш сприятливі умови для накопичення тепла у горючій суміші. При зменшенні об'єму горючої суміші температура її самозаймання підвищується.

Для кожної горючої суміші існує критичний об'єм, у якому самозаймання не відбувається внаслідок того, що площа тепловіддачі, яка припадає на одиницю об'єму горючої суміші, настільки велика, що швидкість теплоутворення за рахунок реакції окиснення навіть при дуже високих температурах не може перевищити швидкість тепловідведення. Ця властивість горючих сумішей використовується при створенні перешкод для розповсюдження полум'я.

Нижня (НКМПП) та верхня (ВКМПП) концентраційні межі поширення полум'я (вибуховості) – це мінімальна і максимальна об'ємна (масова) частка горючої речовини у суміші з окиснювальним середовищем, за наявності якої можливе поширення полум'я по суміші на будь-яку відстань від джерела запалювання.

NON MULTA, SED MULTUM

Суміші, що містять горючу речовину нижче за НКМПП чи вище за ВКМПП, горіти не можуть: у першому випадку за недостатньої кількості горючої речовини, а в другому – окиснювача. Наявність областей негорючих концентрацій речовин і матеріалів надає можливість вибрати такі умови їх зберігання, транспортування та використання, за яких виключається можливість виникнення пожежі або вибуху. З іншого боку, слід зазначити, що пари й газу з НКМПП до 10% по об'єму в повітрі, а також горючі пилоподібні речовини, особливо в завислому стані при значенні НКМПП менше 65 г/м³, є надзвичайно вибухонебезпечними.

Зверніть увагу! 1. У замкнутому об'ємі спалахування газо-, паро- чи пилоповітряної суміші від джерела запалювання носить зазвичай вибуховий характер, тому вказані концентраційні межі іноді ще називають межами вибуховості.

2. Для характеристики пожежовибуховості пилоповітряних сумішей

використовують нижню межу вибуховості (НМВ) або нижню межу займання (НМЗ).

Межі займання газів і парів у повітрі визначаються їх концентраціями у повітрі при атмосферному тиску, за наявності таких концентрацій суміш здатна займатися від зовнішнього джерела запалювання з розповсюдженням полум'я в її об'ємі.

Для розрахунку нижньої (НМЗ) і верхньої (ВМЗ) меж займання індивідуальних горючих речовин можна використовувати такі емпіричні залежності:

Ї для нижньої межі:

$$C_{НМЗ} = \frac{100}{1+(N-1) \cdot 4,76} \% \text{ або } C_{НМЗ} = \frac{M}{(N-1) \cdot 4,76 \cdot V_t} \text{ г/л};$$

Ї для верхньої межі:

$$C_{ВМЗ} = \frac{4 \cdot 100}{4+4,76 \cdot N} \% \text{ або } C_{ВМЗ} = \frac{4 \cdot M}{(4+4,76 \cdot N) V_t} \text{ г/л},$$

де N – число молей кисню, який бере участь у згорянні 1 моля горючого; M – маса одного моля горючого компонента суміші; V_t – об'єм одного моля газу при початковій температурі суміші, л;

Ї для складної газоповітряної суміші відомого складу:

$$C = 100 / (K_1/C_1 + K_2/C_2 + \dots + K_n/C_n),$$

де C – межа займання (верхня або нижня), % (об.); K_1, K_n – концентрації горючих компонентів у горючій частині суміші ($\alpha = 100\%$); C_1, C_n – відповідні межі займання компонентів суміші, % (об.).

Нижня ($t_{нкмпн}$) та верхня ($t_{вкмпн}$) температурні межі поширення полум'я – це такі температури матеріалу (речовини), за яких його (її) насичена пара утворює в окиснювальному середовищі концентрації, що дорівнюють відповідно НКМПП і ВКМПП.

Зверніть увагу! Безпечною з точки зору ймовірності самозаймання газоповітряної суміші прийнято вважати температуру на 10°C меншу за $t_{нкмпн}$ або на 15°C вищу за $t_{вкмпн}$ для цієї речовини.

Температурні межі можна перерахувати у концентраційні за допомогою залежностей:

$$C_{НМ} = P_1 \cdot 100 / P_{атм}; \quad C_{ВМ} = P_2 \cdot 100 / P_{атм},$$

де $C_{НМ}$, $C_{ВМ}$ – нижня і верхня концентраційні межі, % (об.); P_1 та P_2 – тиск насиченої пари при температурах, які відповідають нижній і верхній температурним границям займання; $P_{атм}$ – атмосферний тиск.

Наявність різного набору показників пожежонебезпечних властивостей речовин різного агрегатного стану пов'язана з особливостями їх горіння (таблиця 9.3).

Основні показники, що характеризують пожежовибухонебезпечні властивості речовин різного агрегатного і дисперсного стану

Агрегатний (дисперсний) стан речовини	Основні показники пожежовибухонебезпеки						
	$t_{сп}$	$t_{займ}$	$t_{сзайм}$	НКМПП	ВКМПП	$t_{нкмпн}$	$t_{вкмпн}$
Тверда речовина	-	+	+	-	-	-	-
Рідини	+	+	+	+	+	+	+
Гази	-	-	+	+	+	-	-
Пил	-	+	+	+	-	-	-

Примітки:

1. Знаком «+» відмічено наявність показника для певного агрегатного стану речовини, а знаком «-» його відсутність або незначимість.

2. Пожежна небезпека твердих речовин також характеризується питомою теплотою згорання, швидкістю вигорання, швидкістю розповсюдження горіння по поверхні, температурою горіння.

Таблиця 9.4

Основні показники пожежовибухонебезпечності деяких ЛЗР та ГР

Назва ЛЗР, ГР	$t_{сп}$ °C	$t_{сзайм}$ °C	НКМПП/ВКМПП % об'єм	$t_{нкмпн}/t_{вкмпн}$ °C
Ацетон	-18	465	2,2/13	-20/6
Бензин А-76	-36	300	0,76/5,16	-36/-4
Гас	27	250	1,4/7,5	27/69
Машинне мастило (марка ФМ-5,6 АП)	182	400	-	172/270
Спирт етиловий	13	404	3,6/19	11/41
Спирт метиловий	8	464	6,0/34,7	7/39
Скипидар	34	300	0,8/ -	32/53
Уайт-спірит	33–36	260	-	33/68

9.5. Оцінювання пожежовибухонебезпеки об'єкта

Пожежна безпека будинків і споруд значною мірою визначається ступенем або класом їх вогнестійкості, який залежить від вогнестійкості основних конструктивних елементів.

Вогнестійкість споруди – здатність її чинити опір вогню (високій температурі), зберігаючи при цьому свої експлуатаційні якості.

Зверніть увагу! Вогнестійкість споруди оцінюється залежно від вогнестійкості окремих будівельних конструкцій.

Відповідно до ДБН В.1.1-7-2002 «Пожежна безпека об'єктів будівництва», залежно від використаних матеріалів і конструкцій розрізняють вісім ступенів вогнестійкості будівель (I, II, III, IIIa, IIIб, IV, IVa, V).

Вогнестійкість конструкції – здатність конструкції зберігати несучі й (або) огорожувальні функції за умов пожежі.

Межа вогнестійкості конструкції – показник вогнестійкості конструкції, який визначається часом (у хвиликах) від початку вогневого випробування за стандартного температурного режиму до втрати конструкцією несучої здатності, цілісності або теплоізолювальної здатності.

NON MULTA, SED MULTUM

Для житлових, громадських і промислових будівель зміна температурного середовища в приміщенні (T_{oc}) виражається залежністю $T_{oc}=t(t)$,

де t – тривалість пожежі, хв.

Для деяких видів пожежі ця залежність отримана експериментально шляхом спалювання різноманітних матеріалів на натуральних пожежах. Стосовно цієї залежності введено поняття «**стандартний температурний режим**», регламентоване СТ СЭВ 383-87 «Противопожарные нормы строительного проектирования. Испытание строительных конструкций на огнестойкость».

Згідно із цим стандартом залежність підвищення температури від часу можна подати у вигляді $T_{oc}=[345lg(8t+1)]+T_o$,

де t – час дії високої температури з моменту виникнення пожежі, хв; T_{oc} – температура середовища у приміщенні, °С за час t ; T_o – температура у приміщенні до пожежі, °С.

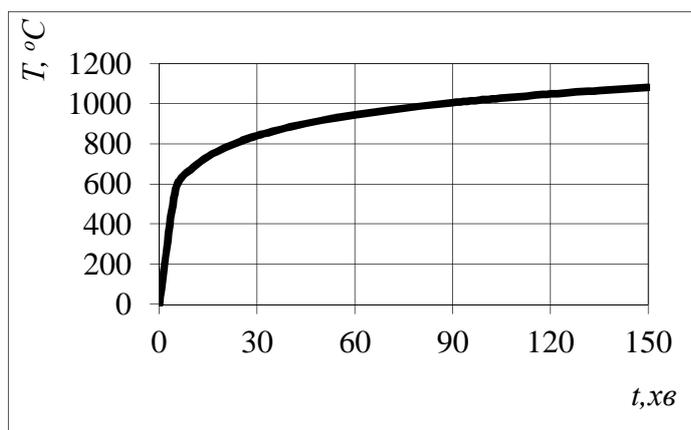


Рис. 9.6. Стандартна крива температур

Стандартний температурний режим – режим змінювання температури в часі при випробуваннях конструкцій на вогнестійкість, що встановлюється стандартом (СТ СЭВ 383-87).

Ця стандартна температурна крива (рис. 9.6) покладена в основу випробування вогнестійкості будівельних конструкцій.

Реальні температурні режими пожеж у виробничих, підвальних приміщеннях, безліхтарних будівлях, за винятком житлових і громадських,

можуть суттєво відрізнятися від стандартного температурного режиму. Наприклад, при горінні каучуку температура суттєво перевищує стандартний режим, а при горінні паперу, бавовни температура нижча стандартного.

Критерієм настання межі вогнестійкості конструкції вважається:

- 1) втрата цілісності (**E**);
- 2) втрата теплоізолювальної здатності (**I**);
- 3) втрата несучої здатності (**R**).

Фактична межа вогнестійкості конструкцій визначається експериментальним або розрахунковим методом.

Експериментальний метод. Межі вогнестійкості будівельних конструкцій встановлюються шляхом дослідження у спеціальних печах за відповідною методикою згідно з ДСТУ Б В.1.1-4-98 «Будівельні конструкції. Методи випробування на вогнестійкість. Загальні вимоги».

NON MULTA, SED MULTUM

Конструкцію в натуральну величину (проектні розміри, у деяких випадках дозволяється використання зразків – фрагментів конструкцій) встановлюють у робоче положення, завантажують робочим навантаженням, розміщують у спеціальній вогневій камері й нагрівають за стандартним режимом до втрати вогнестійкості. При цьому визначають час від початку випробувань до появи однієї з ознак, які характеризують межу вогнестійкості конструкції.

Нагрівання зразків повинно відповідати реальним умовам роботи конструкції та можливому напрямку розповсюдження полум'я у випадку пожежі. Колони при випробуванні, як правило, обігрівають із чотирьох боків; балки – з трьох; покриття і перекриття – з боку нижніх поверхонь; стіни, перегородки, двері – з одного боку.

Випробовуванням піддають не менше двох однакових зразків серійного виробництва або спеціально виготовлених для випробовувань. Перед випробовуванням зразки обладнують приладами для вимірювання температур і деформацій. Умови обігрівання й особливості випробуваного елемента визначають конструкцію випробувальних установок, що являють собою печі, в яких створюється заданий температурний режим за допомогою спалювання рідкого чи газоподібного палива. Печі обладнують приладами для виміру температури, а також пристроями для обпирання, закріплення і навантаження випробуваних конструкцій.

Відхилення від температур, що регламентується стандартною кривою, допускається у межах 10% протягом перших 30 хв випробовування і 5% у наступний час. Температуру в печі заміряють не менше ніж у трьох точках за допомогою термопар. Гарячі спаї термопар розміщують на відстані 10 см від поверхні конструкції, яка обігривається.

Зверніть увагу! Експериментальний спосіб має ряд недоліків, оскільки потребує проведення громіздких і дорогих досліджень, що утрудняє, а в деяких випадках унеможлиблює своєчасне оцінювання вогнестійкості різних видів нових будівельних конструкцій.

Розрахунковий метод полягає у визначенні межі вогнестійкості будівельних конструкцій шляхом *статичного* та *теплотехнічного розрахунку*.

Зверніть увагу! При *статичному розрахунку* визначають критичну температуру й критичний перетин конструкції.

При *теплотехнічному розрахунку* визначають час прогрівання конструкції або її частини до критичної температури.

При розв'язанні статичної та теплотехнічної задач **розрахунку межі вогнестійкості** будівельних конструкцій виходять із *таких припущень*:

Ø розрахунку піддається окремо взята конструкція або конструктивний елемент без урахування зв'язку з іншими конструкціями, тобто не враховується сумісна робота конструкцій будівлі чи споруди;

Ø конструктивні елементи в умовах дії температурного режиму, представлено у вигляді залежності середньооб'ємної температури від часу, нагріваються однаково по всій довжині або висоті;

Ø витоками тепла по торцях конструкції нехтують;

Ø температурні напруження у конструкції, що з'явилися в результаті її нерівномірного прогрівання і внаслідок зміни пружно-пластичних властивостей матеріалу, не враховуються;

Ø при розрахунку критичних температур та критичних перерізів межа міцності й межі текучості будівельних матеріалів приймаються такими, що дорівнюють нормативним опорам цих матеріалів.

Межі вогнестійкості окремих будівельних конструкцій залежать від їх товщини чи площі поперечного перерізу та фізико-хімічних властивостей матеріалів, з яких вони виготовлені.

При *статичному* і *теплотехнічному* розрахунках визначають вогнестійкість будівельних конструкцій за **трьома схемами**:

Р розрахункова схема 1 застосовується для оцінювання межі вогнестійкості за втратою теплоізолюючої здатності вертикальних та горизонтальних огорожувальних конструкцій (перегородки, плити перекриттів, внутрішні стіни) (рис. 9.7);

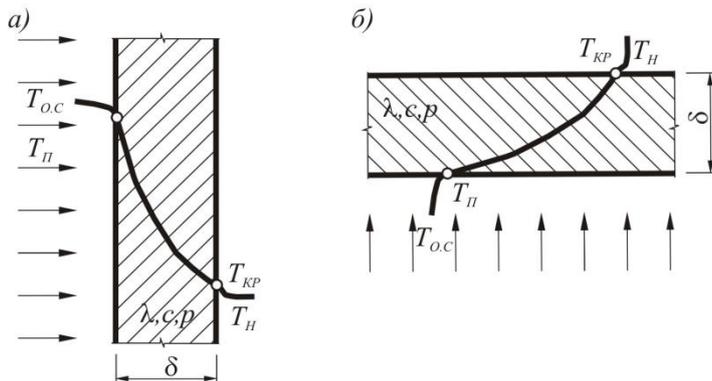


Рис. 9.7. Перша розрахункова схема:
а) вертикальне огородження;
б) горизонтальне огородження

Зверніть увагу! Згідно із цією схемою (рис. 9.7, а і б), межа вогнестійкості конструкції настане у момент часу $t = \Pi_\phi$, коли за заданих умов високотемпературного впливу та теплофізичних характеристик матеріалу температура T_n на поверхні, що не обігривається, змінюючись від початкового значення T_n , стане дорівнювати допустимому (критичному) значенню $T_{кр}$.

Р розрахункова схема 2 застосовується для оцінювання межі вогнестійкості за втратою несучої здатності (рис. 9.8, а і б). Причиною втрати несучої здатності є зниження міцності матеріалу конструкції при нагріванні. За цією схемою розраховують межу вогнестійкості всіх металевих, а також залізобетонних конструкцій, які працюють на згин (рис. 9.8, в і г);

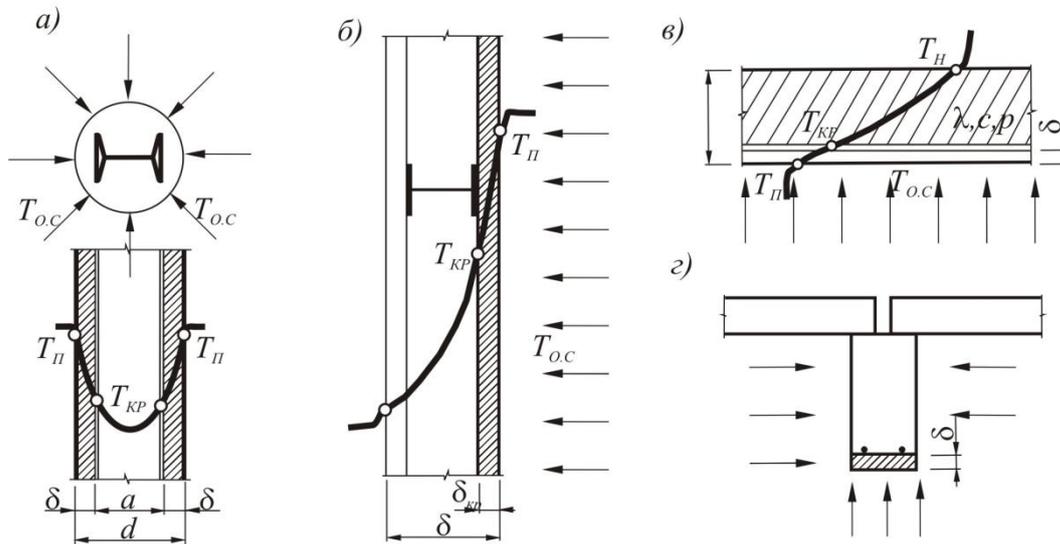


Рис. 9.8. Друга розрахункова схема:

а) металева облицьована колона; б) каркасна металева стіна; в) залізобетонна стіна;
г) залізобетонна балка

Зверніть увагу! Суть задачі зводиться до визначення часу, після вичерпання якого на поверхні металевих конструкцій або у центрі розтягнутої арматури залізобетонних конструкцій, що згинаються чи розтягуються, встановлюється критична температура. Під критичною температурою у цьому випадку розуміють таку температуру, при якій межа текучості сталі знижується до величини діючих напружень, тобто умова настання межі

вогнестійкості може бути записана у вигляді $s^3 R_u$.

Розрахункова схема 3 застосовується для визначення межі вогнестійкості будівельної конструкції за критичною площею її перерізів (рис. 9.9).

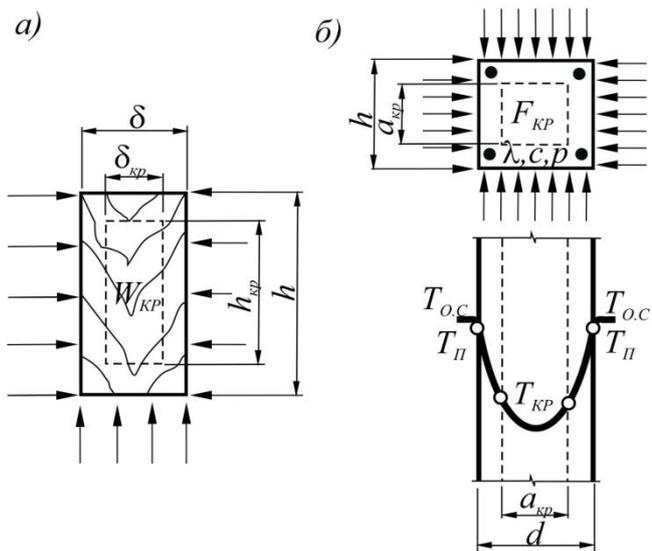


Рис. 9.9. Третя розрахункова схема:
а) дерев'яна балка; б) залізобетонна колона

NON MULTA, SED MULTUM

Існують конструкції, наприклад дерев'яні, руйнування яких при пожежі настає у результаті зменшення перерізу (під час обвуглювання). Унаслідок зменшення розмірів перерізу напруження у перерізі збільшуються і при досягненні ними величини межі міцності прогрітої деревини конструкція втрачає свою несучу здатність (рис. 9.9, а).

За третьою розрахунковою схемою також визначають межу вогнестійкості центрально-стиснутих кам'яних та залізобетонних конструкцій. При нагріванні стиснутих залізобетонних елементів частина перерізу прогривається вище температури, після досягнення якої бетон втрачає свою міцність, що сприяє зменшенню розмірів перерізу, здатного сприймати діючі навантаження (рис. 9.9, б).

Зменшення розмірів перерізу призводить до зниження несучої здатності кам'яних і залізобетонних конструкцій при пожежі. Переріз дерев'яних, а також центрально-стиснутих кам'яних та залізобетонних конструкцій, після котрого в результаті дії температурного режиму пожежі настає граничний стан, називається **критичним перерізом**, а розміри цього перерізу – **критичними**.

Умова придатності конструкції до експлуатації має вигляд

$$P_{\phi} \geq P_n$$

де P_{ϕ} – фактична межа вогнестійкості конструкції, хв; P_n – нормативна межа вогнестійкості конструкції, хв.

Межа поширення вогню по будівельних конструкціях – розмір зони пошкодження зразка в площині конструкцій від межі зони нагрівання до найвіддаленішої точки пошкодження.

За **межею поширення вогню** будівельні конструкції діляться на **три групи**:

I група – М0 (межа поширення вогню дорівнює 0 см);

II група – М1 (М[25 см – для горизонтальних конструкцій; М[40 см – для вертикальних і похилих конструкцій);

III група – М2 (М>25 см – для горизонтальних конструкцій; М>40 см – для вертикальних та похилих конструкцій).

Мінімальні межі вогнестійкості будівельних конструкцій і максимальні межі поширення вогню по них регламентуються ДБН В.1.1-7-2002 «Пожежна безпека об'єктів будівництва».

NON MULTA, SED MULTUM

Випробування будівельних конструкцій на розповсюдження полум'я полягає у визначенні розмірів пошкодження конструкцій унаслідок їх горіння за межами зони нагрівання – у контрольній зоні.

Вогняні випробування проводять на установках, призначених для визначення вогнестійкості конструкцій. Тривалість нагрівання обмежують 15 хв згідно із стандартним тепловим режимом.

За межу розповсюдження вогню приймають розмір пошкодженої зони зразка у площині конструкції від границі зони нагрівання перпендикулярно їй до найбільш віддаленої точки пошкодження (для вертикальних конструкцій – угору, для горизонтальних – у кожний бік). Результати вимірювань заокруглюють до 1 см у більшу сторону. Пошкодженням вважається вигорання матеріалу та його обвуглення. Межа розповсюдження вогню визначається як середнє арифметичне результатів випробування двох зразків. При випробуванні одного зразка результат повинен бути помножений на коефіцієнт 1,2.

Після закінчення випробування полум'я в печі вимикається і не більш ніж через 3 хв зразок повинен бути знятий з печі або у зазор між зразком і вогневою камерою має бути введений теплоізолюючий екран. Обстеження стану зразка та вимірювання його пошкоджень у контрольній зоні проводять після його остигання.

Зверніть увагу! Установлені межі вогнестійкості будівельних конструкцій і межі розповсюдження вогню використовують для визначення тривалості пожежі й установлення ступеня вогнестійкості будинків і споруд.

Для правильного планування та успішного здійснення заходів пожежної профілактики щодо їх вибухопожежонебезпеки є визначення категорій приміщень і будівель виробничого, складського й невиробничого призначення за вибухопожежною та пожежною небезпекою.

Зверніть увагу! Умови виникнення й поширення пожежі в будівлях та приміщеннях залежать від кількості й пожежонебезпечних властивостей речовин і матеріалів, що в них знаходяться (використовуються), а також особливостей технологічних процесів розміщених у них виробництв.

За вибухопожежною та пожежною небезпекою відповідно до НАПБ Б.03.002-2007 «Норми визначення категорій приміщень, будинків та зовнішніх установок за вибухопожежною та пожежною небезпекою» приміщення та будівлі поділяються на п'ять категорій.

Категорія за вибухопожежною й пожежною небезпекою будинку (приміщення) – класифікаційна характеристика вибухопожежної та пожежної небезпеки будинку (приміщення), що визначається кількістю й пожежовибухонебезпечними властивостями речовин і матеріалів, що знаходяться (обертаються) в них, з урахуванням особливостей технологічних процесів розміщених у них виробництв.

Якісним критерієм вибухопожежної небезпеки приміщень (будівель) є наявність у них речовин з певними показниками вибухопожежної небезпеки.

Кількісним критерієм визначення категорії є надлишковий тиск DP , який може розвиватися при вибуховому загорянні максимально можливого скупчення вибухонебезпечних речовин у приміщенні.

До категорії А (вибухопожежонебезпечна) належать підприємства, що використовують горючі гази, легкозаймисті рідини з температурою спалаху, не більшою ніж 28°C, у такій кількості, що можуть утворювати вибухонебезпечні паро- і газоповітряні суміші, при спалахуванні яких розвивається розрахунковий надлишковий тиск вибуху в приміщенні, що перевищує 5 кПа. Речовини та матеріали здатні вибухати та горіти при взаємодії з водою, киснем повітря або одне з одним у такій кількості, що розрахунковий надлишковий тиск вибуху в приміщенні буде перевищувати 5 кПа.

Наприклад: дільниці фарбування машин, склади ЛФМ, ПММ, пестицидів, мінеральних добрив, акумуляторні.

До категорія Б (вибухопожежонебезпечна) належать підприємства, які мають горючий пил або волокна, легкозаймисті рідини з температурою спалаху, більшою ніж 28 °С, та горючі рідини в такій кількості, що можуть утворювати вибухонебезпечні паро- і газоповітряні суміші, при спалахуванні яких розвивається розрахунковий надлишковий тиск вибуху в приміщенні, що перевищує 5 кПа.

Наприклад: дільниці фарбування машин, склади ЛФМ, пестицидів, мінеральних добрив, аміачні компресорні станції.

До категорії В (пожежонебезпечна) віднесені приміщення, де знаходяться горючі або важкогорючі рідини і матеріали, речовини й матеріали, здатні при взаємодії з водою, киснем повітря чи одне з одним лише горіти, за умови, що приміщення, в яких вони знаходяться (використовуються), не належать до категорій А і Б.

Наприклад: місця зберігання техніки, пункти техобслуговування, деревообробні цехи.

До категорії Г віднесені приміщення, де знаходяться негорючі речовини та матеріали в гарячому, розжареному чи розплавленому стані, процес обробки яких супроводжується виділенням променистого тепла, іскор, полум'я, а також горючі гази, рідини, тверді речовини, котрі спалюються або утилізуються як паливо.

Наприклад: ковальсько-пресові, зварювальні, паяльні цехи та ін.

До категорії Д віднесені приміщення, де знаходяться негорючі речовини й матеріали в холодному стані.

Наприклад: пости миття машин, слюсарно-механічні та агрегатні дільниці майстерень, інструментальні тощо.

Зверніть увагу! 1. Після визначення категорії приміщень за вибухопожежною й пожежною небезпекою встановлюється категорія будівлі в цілому.

2. Категорії приміщень і споруд визначають міністерства, відомства, а також технологи проектних організацій на стадії проектування будинків та споруд відповідно до **НАПБ Б.03.002-2007**, відомчих норм технологічного проектування або затверджених переліків категорій приміщень. За відсутності таких документів необхідно використовувати методи розрахунку критеріїв пожежо- і вибухонебезпечності приміщень.

Для *оснащення* виробництв, різних за вибухопожежною небезпекою, *електричним обладнанням* необхідно визначати клас зони, в якій воно буде експлуатуватись.

Згідно з Правилами влаштування електроустановок і Правилами будови електроустановок, електрообладнання спеціальних установок, приміщення поділяються на *вибухо- і пожежонебезпечні зони*.

Зверніть увагу! Класифікуються не виробничі процеси, а приміщення (зони).

Характеристика пожежо- та вибухонебезпеки може бути загальною для всього приміщення або різною в окремих його частинах. Це також стосується надвірних установок і ділянок територій.

Вибухонебезпечна зона – приміщення чи обмежений простір у приміщенні або за його межами, де існують чи можуть утворюватися вибухонебезпечні суміші у такій кількості, яка вимагає спеціальних заходів у конструкції електрообладнання під час його монтажу й експлуатації.

Газо- та пароповітряні вибухонебезпечні середовища утворюють вибухонебезпечні зони класів 0, 1, 2, а пилоповітряні – вибухонебезпечні зони класів 20, 21, 22.

Пожежонебезпечна зона – це простір всередині чи поза приміщенням, у межах якого постійно або періодично знаходяться (зберігаються, використовуються чи виділяються під час технологічного процесу) горючі речовини як при нормальному технологічному процесі, так і при його порушенні в такій кількості, котра вимагає спеціальних заходів у конструкції електрообладнання під час його монтажу й експлуатації.

Пожежонебезпечні зони у разі використання в них електроустаткування поділяються на чотири класи: П-I, П-II, П-IIIa і П-III.

Зверніть увагу! 1. Клас пожежо- та вибухонебезпечної зони визначається технологіями разом з електриками проектною або експлуатуючою організацією залежно від частоти і тривалості наявного вибухонебезпечного середовища. Залежно від класу зони визначається тип виконання електроустаткування, тобто воно повинно мати відповідний рівень і вид вибухозахисту або ступінь захисту оболонки.

2. Для всіх будівель та приміщень повинна бути визначена категорія щодо вибухопожежної й пожежної безпеки, а також клас зони. Для інформування працівників використовують відповідні позначення у вигляді табличок (рисунок 9.10).

Категорія А Вибухонебезпечна зона класу 2

Рис. 9.10. Приклад оформлення таблички з позначенням категорії приміщення та класу вибухонебезпечної зони

ТЕМА 10. СИСТЕМА ЗАХИСТУ БУДІВЕЛЬ І ВИРОБНИЦТВ ВІД ПОЖЕЖ

План лекції

- 10.1. Протипожежні вимоги при розробленні генеральних планів підприємств і населених місць.
- 10.2. Протипожежні проектно-конструктивні заходи в будинках та спорудах.
- 10.3. Вимушена евакуація людей із будинків і споруд.
 - 10.3.1. Загальні вимоги.
 - 10.3.2. Основні параметри руху людей.

10.1. Протипожежні вимоги при розробленні генеральних планів підприємств і населених місць

При розробленні *генерального плану* промислового підприємства поряд із забезпеченням найбільш сприятливих умов для виробничого процесу і праці, раціонального використання земельних ділянок та найбільшої ефективності капітальних вкладень *необхідно*:

- Ø забезпечити безпечні відстані від межі промислових підприємств до житлових і громадських будівель;
- Ø дотримуватися вимог норм щодо протипожежних розривів між будинками та спорудами;
- Ø згрупувати в окремі комплекси (зони) споріднені за функціональним призначенням або ознаками вибухопожежної небезпеки виробничі будівлі й споруди (визначення зон санітарно-побутових приміщень, складування, майстерень, будівництва);
- Ø розміщувати будівлі з урахуванням рельєфу місцевості та напрямку пануючих вітрів;
- Ø улаштувати пожежний водопровід й розмістити пожежні гідранти;
- Ø забезпечити територію підприємства дорогами з необхідною кількістю виїздів.

На *підприємствах* площею, більшою ніж 5 га, або при довжині майданчика, більшій ніж 1000 м, необхідно передбачати не менше двох виїздів для транспорту.

Зверніть увагу! Виїзди потрібно влаштовувати на відстані, не більшій ніж 1500 м один від одного.

Дороги на території будівельного майданчика необхідно влаштовувати *кільцевими*. При влаштуванні *тупикових доріг* передбачають кільцеві об'їзди або площадки для розвороту автотранспорту не менше 12×12 м.

Відстань від краю проїжджої частини автомобільних доріг до будинків і споруд приймається від 1,5 до 12 м залежно від довжини будівлі й наявності в'їзду в будинок автомобілів.

До будинків та споруд по всій їх довжині повинен бути забезпечений *під'їзд пожежних автомобілів*:

- Ø з однієї сторони при ширині будинку або споруди до 18 м;
- Ø з двох сторін при ширині 18 м і більше;
- Ø до будинків із площею забудови 10 га чи шириною 100 м та більше під'їзд пожежних автомобілів повинен бути забезпечений з усіх сторін.

Протипожежне водопостачання – це комплекс інженерно-технічних споруд, призначених для збирання і транспортування води, зберігання її запасів та використання для пожежогасіння.

Зверніть увагу! На промислових підприємствах протипожежний водогін, як правило, об'єднується з господарсько-питним або виробничим водогоном. В окремих випадках дозволяється подавати воду для гасіння пожежі з водоймищ, що знаходяться поруч за допомогою насосів. За неможливості, недоступності чи недоцільності отримання води з водогону або водоймищ створюють недоторканий запас води в спеціальних пожежних резервуарах або ємностях.

Кількість води, необхідна для гасіння пожежі, *визначається* залежно від об'єму приміщення, його ступеня вогнестійкості та категорії за вибухопожежною та пожежною небезпекою.

Наприклад, для виробничих будівель I і II ступенів вогнестійкості категорій А, Б (вибухопожежонебезпечні) та В (пожежонебезпечна) витрати води на зовнішнє пожежогасіння при об'ємі будівлі: до 5 тис. м³ – 10 л/с; 20...50 тис. м³ – 20 л/с; 50...200 тис. м³ – 30 л/с.

При розрахунках недоторканого пожежного об'єму води у резервуарах *тривалість гасіння* пожежі повинна прийматись 3 год, а для будівель I і II ступенів вогнестійкості з негорючими несучими конструкціями з виробництвом категорій Г та Д – 2 год.

Протипожежні водогони залежно від місця прокладання поділяються на *зовнішні й внутрішні*, а за тиском у них – на водогони *низького і високого тиску*.

На зовнішніх протипожежних водогонах встановлюються *гідранти* підземного чи наземного (для південних регіонів) виконання.

Як правило, в населених пунктах і на території підприємств встановлюють підземні гідранти, які не замерзають зимою та не заважають руху транспорту й людей. *Дозволяється* розміщувати гідранти на проїжджій частині.

Зверніть увагу! Пожежні гідранти розташовують уздовж автомобільних доріг на відстані 150...200 м один від одного, не ближче ніж 5 м від зовнішніх стін будівель і не далі 2,5 м від краю проїжджої частини дороги з таким розрахунком, щоб забезпечити зручний під'їзд до них пожежних автомобілів.

Для швидкого *знаходження гідрантів* біля місць їх розташування встановлюють відповідні покажчики з відповідними цифровими позначеннями на стінах будівель.

Водопроводи високого тиску влаштовують таким чином, щоб тиск у них був достатнім при безпосередній подачі води від гідранта або стаціонарних лафетних стволів до місця пожежі.

Зверніть увагу! Для створення необхідного тиску треба, щоб по непрогумлених

пожежних рукавах довжиною 125 м, діаметром 65 мм зі сприском діаметром 19 мм при витратах кожного струменя 5 л/с вільний напір води у водонапірній мережі (при розрахункових витратах) забезпечував подачу води на найвищу точку найвищої будівлі компактним струменем висотою, не меншою ніж 10 м (у несприятливих точках – не меншою ніж 7 м).

У водопроводах *високого тиску напір*, необхідний для гасіння пожеж, створюється за допомогою стаціонарних пожежних насосів, які встановлюються у насосних станціях другого підйому.

Зверніть увагу! Час запуску насосів після одержання сигналу про виникнення пожежі має бути не більшим ніж 5 хв (при ручному вмиканні насосів).

У протипожежних водопроводах високого тиску за наявності водонапірних башт слід передбачити їх відключення у випадку пожежі, це необхідно, щоб виключити можливість зниження тиску внаслідок зливу води в бак водонапірної башти.

Із водопроводів низького тиску пересувні пожежні автонасоси або мотопомпи забирають воду через пожежні гідранти і подають її під необхідним тиском до місця пожежі.

Зверніть увагу! Для забору води використовують рукави довжиною 150 м, а вільний напір води повинен складати не менше ніж 10 м (на рівні поверхні ґрунту).

Протипожежне водопостачання систем *низького тиску* можна забезпечувати з водоймищ чи резервуарів, обладнаних під'їздами для пожежних автомобілів.

NON MULTA, SED MULTUM

Протипожежні водосховища влаштовують у вигляді відкритих і закритих водоймищ – резервуарів, ємність яких визначають, виходячи з норм витрат води. Мінімальна ємність водоймищ – 50 м³. Ємність відкритих водоймищ збільшують на об'єм, котрий займає крига у зимовий період і шар води, який випаровується у літню пору. Водоймища розміщують один від одного на відстані 200 м за наявності автонасосів, 150 м – за наявності мотопомп високої продуктивності (наприклад, типу ММ-1200) та 100 м – за наявності мотопомп малої продуктивності (наприклад, типу М-600) або ручних насосів.

До водоймищ повинні бути влаштовані тупикові дороги, які закінчуються площадками (розміром 12´12 м) чи кільцевим тупиковим об'їздом.

Глибина води у водоймищі має бути не меншою ніж 2,5 м, за наявності ґрунтових вод глибина допускається до 2 м. Фільтрація води у ґрунт допускається не більше 3...5 см/добу. Глибина закритих водоймищ приймається 2...5 м.

Для гасіння пожеж водою всередині будівель у них установлюють внутрішні пожежні крани.

Зверніть увагу! Пожежні крани розміщують на висоті 135 см від рівня підлоги в спеціальних шафках біля входів, у коридорах, вестибюлях, проходах та всередині приміщень на видних і в легкодоступних місцях. Шафи повинні бути оснащені пожежними рукавами одного діаметра з краном і довжиною 10 або 20 м, а також пожежним стволем.

Взаємне *розташування кранів* має бути таким, щоб гарантувати зрошення кожної точки приміщення.

Зверніть увагу! При розміщенні кранів має виконуватися вимога стосовно дотикання компактних частин струменів від двох суміжних пожежних кранів у найвіддаленішій і найвищій точці приміщення, що обслуговується цими кранами. Така точка називається *диктуючою*.

Противопожежні розриви призначені для обмеження розповсюдження пожежі між будівлями і спорудами та запобігання займанню сусідньої будівлі протягом часу, необхідного для приведення у дію засобів пожежогасіння.

Зверніть увагу! Ці відстані залежать від ступеня вогнестійкості будівель і споруд, від їх категорії за вибухопожежною та пожежною небезпекою. При цьому враховують наявність прорізів в огорожі будівлі, швидкість розвитку пожежі в будівлях різного ступеня вогнестійкості й можливу площу фронту полум'я. У деяких випадках необхідно враховувати теплоту, що передається полум'ям шляхом випромінення.

Дані про *мінімальні протипожежні розриви* між будинками і спорудами містяться в **ДБН Б.2.2-12:2019** «Планування та забудова територій» (табл. 10.1).

Таблиця 10.1

Мінімально допустимі протипожежні відстані (розриви) між будівлями

Ступінь вогнестійкості	Розриви, м, при ступені вогнестійкості сусідньої будівлі		
	I і II	III	IV і V
I і II	6/9	8/9	10/12
III	8/9	8/12	10/15
IV і V	10/12	10/15	15/18

Примітки:

1. Чисельник – протипожежні відстані між житловими, громадськими й допоміжними будівлями промислових підприємств.
2. Знаменник – протипожежні відстані від житлових, громадських, адміністративно-побутових будівель до виробничих будівель промислових і сільськогосподарських підприємств, приймаються згідно з вимогами ДБН 360-92*.
3. Противопожежні розриви для виробничих будівель категорії А та Б необхідно збільшувати на 50% для будівель I і II ступенів, а для категорії В – на 25%.
4. Відстані між будівлями I та II ступенів допускаються меншими ніж 6 м за умови, що стіна вищої будівлі, яка розміщена напроти іншої будівлі, є протипожежною.

10.2. Противопожежні проектно-конструктивні заходи у будинках та спорудах

При проектуванні й будівництві промислових підприємств передбачаються заходи, що *запобігають поширенню вогню*. Це досягається шляхом:

- 1) поділу будівлі протипожежними стінами та перекриттям на відсіки;
- 2) поділу будівлі протипожежними перегородками на секції;
- 3) улаштування протипожежних перешкод для обмеження поширення вогню по поверхнях конструкцій, по рідині, що розлита, та інших горючих матеріалах;
- 4) захисту отворів у протипожежних стінах (вогнестійких дверей, заслінок);
- 5) забезпечення противибухового захисту будівлі.

Протипожежна перешкода – це будівельна конструкція, інженерна споруда чи технічний засіб, що має нормовану межу вогнестійкості й перешкоджає поширенню вогню з одного місця на інше.

Зверніть увагу! Протипожежні перешкоди призначені для запобігання розповсюдженню пожежі та продуктів горіння з приміщень або пожежного відсіку з осередком пожежі в інші приміщення. За відсутності чи неправильного влаштування протипожежних перешкод пожежа швидко розповсюджується, охоплюючи більшу площу, і призводить до значних втрат.

Вогнестійкість протипожежної перешкоди визначається вогнестійкістю її елементів. Межі вогнестійкості конструкцій, що забезпечують стійкість перешкоди, конструкцій, на які вона опирається, та вузлів кріплення між ними мають бути не меншими від потрібних меж вогнестійкості огорожувальної частини протипожежної перешкоди.

У разі *перетинання протипожежних перешкод* (стін, перегородок, перекриттів, загороджувальних конструкцій) різними комунікаціями зазори (отвори), що утворилися між цими конструкціями й комунікаціями, повинні бути наглухо зашпаровані негорючим матеріалом, який забезпечує межу вогнестійкості та димогазонепроникнення, що вимагається будівельними нормами для цих перешкод.

За *межею поширення вогню* перешкоди мають відповідати групі М0.

Залежно від значення межі вогнестійкості протипожежні перешкоди класифікують за типами відповідно до таблиці 10.2, а елементи заповнення прорізів у протипожежних перешкодах – згідно з таблицею 10.3.

Таблиця 10.2

Класифікація протипожежних перешкод

Протипожежні перешкоди	Типи протипожежних перешкод	Мінімальна межа вогнестійкості, хв	Типи заповнення прорізів, не нижче	Типи протипожежного тамбура-шлюзу, не нижче
Стіни	1	REI 150	1	1
	2	REI 60	2	1
	3	REI 45	2	1
Перегородки	1	EI 45	2	1
	2	EI 15	3	2
Перекриття	1	REI 150	1	1
	2	REI 60	2	1
	3	REI 45	2	1
	4	REI 15	3	2

Таблиця 10.3

Класифікація елементів заповнення прорізів у протипожежних перешкодах

Заповнення прорізів у протипожежних перешкодах	Тип заповнення прорізів у протипожежних перешкодах	Мінімальна межа вогнестійкості, хв
Протипожежні двері, ворота, вікна, люки, клапани, завіси (екрани)	1	EI 60
	2	EI 30
	3	EI 15

Примітка. Для вікон у протипожежних перешкодах, протипожежних дверях, воротах із площею скління, не більшою ніж $0,1 \text{ м}^2$, межа вогнестійкості встановлюється тільки за ознакою *Е*.

До протипожежних перешкод належать протипожежні стіни, водяні завіси, тамбури-шлюзи, перегородки, перекриття та інші конструктивні елементи.

Протипожежні стіни – вертикальні протипожежні перешкоди, що розділяють будівлю по всій висоті та ширині, можуть бути зовнішніми і внутрішніми (рис. 10.1 – 10.3).

Зверніть увагу! Призначення зовнішніх та внутрішніх стін – обмеження поширення вогню між будівлями й усередині будівлі відповідно.

NON MULTA, SED MULTUM

Протипожежні стіни повинні опиратися на власний фундамент або фундаментні блоки та зводитися на всю висоту будівлі, перетинати всі поверхи і конструкції. З'єднання протипожежних стін із зовнішніми огорожувальними конструкціями необхідно передбачати таким чином, щоб пожежа не змогла розповсюджуватися з одного пожежного відсіку в інший. При цьому протипожежні стіни перерізають усі горючі й важкогорючі конструкції будівлі по вертикалі та горизонталі.

Протипожежні стіни повинні бути вищими від покрівлі не менше ніж на 60 см, якщо хоча б один з елементів покриття (за винятком покрівлі) виконаний із горючих матеріалів; не менше 30 см, якщо елементи покриття (за винятком покрівлі) виконані з важкогорючих матеріалів.

Протипожежні стіни можуть не підніматися над покрівлю, якщо всі елементи покриття, за винятком покрівлі, виконані з негорючих матеріалів.

Протипожежні стіни в будівлях із зовнішніми стінами, виконані з горючих або важкогорючих матеріалів, повинні перетинати ці стіни та виступати за зовнішню поверхню площини стіни не менше ніж на 30 см, а стрічкове засклення стін з негорючих матеріалів розділяється без виступу за зовнішню площину.

За способом сприймання навантажень протипожежні стіни поділяють на: самонесучі, несучі та навісні.

За конструктивним виконанням протипожежні стіни поділяють на:

- Ø каркасні зі штучним заповненням каркаса цеглою або кам'яними блоками (рис. 10.2, а);
- Ø каркасно-панельні (рис. 10.2, б);
- Ø безкаркасні з використанням штучних виробів: цегли чи кам'яних блоків.

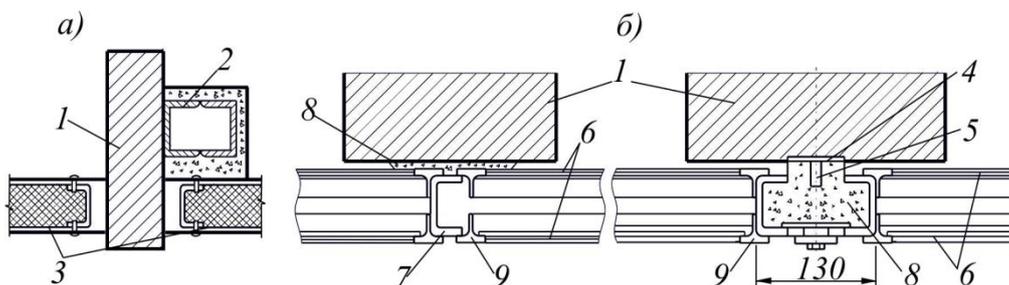


Рис. 10.1. Перетинання протипожежною стіною:

- а* – зовнішніх панельних стін з горючим утеплювачем; *б* – стрічкового засклення;
- 1* – протипожежна стіна; *2* – забетонована стійка фахверка; *3* – зовнішні стінові панелі;
- 4* – закладна деталь у колоні; *5* – штабова сталь; *6* – сталеві віконні рами; *7* – діафрагма;
- 8* – цементний розчин

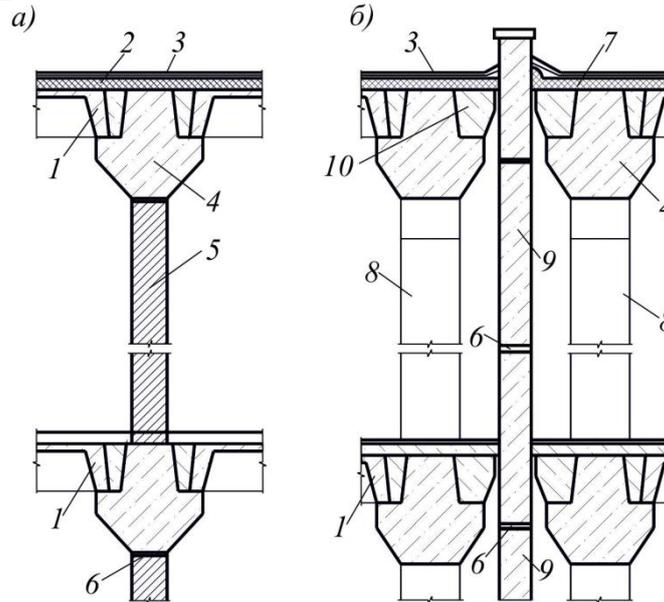


Рис. 10.2. Конструкція протипожежних стін:

а – каркасна зі штучним заповненням; *б* – каркасно-панельна; 1 – залізобетонна плита покриття (перекриття); 2 – утеплювач із негорючих матеріалів; 3 – покрівля; 4 – залізобетонний ригель; 5 – заповнення зі штучних елементів; 6 – ущільнення стиків; 7 – горючий або важкогорючий утеплювач; 8 – колона; 9 – панелі протипожежної стіни; 10 – бетонні вкладки

Зверніть увагу! Протипожежні стіни 1-го типу використовуються для розділення будівель на пожежні відсіки, 2-го типу – як стіни протипожежних зон 1-го типу, для ізоляції вбудованих приміщень тощо.

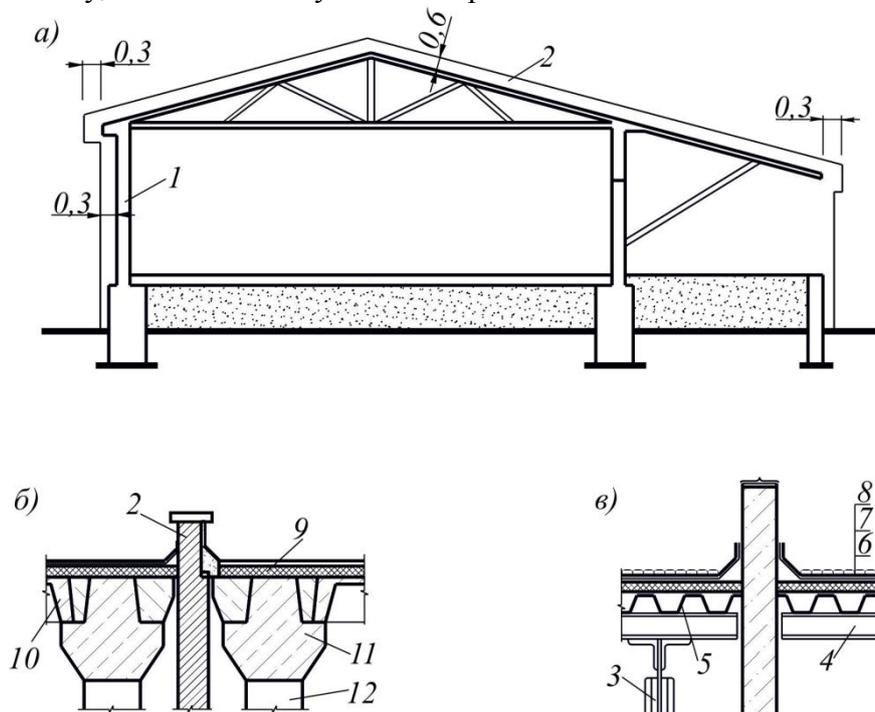


Рис. 10.3. Перетинання протипожежними стінами зовнішніх огорожувальних конструкцій:

а – конструкції з горючих матеріалів; *б, в* – покриття; 1 – зовнішня стіна з горючих матеріалів; 2 – протипожежна стіна; 3 – металева ферма; 4 – прогін; 5 – профільований настил; 6 – полімерний ущільнювач; 7 – покрівля; 8 – захисний шар гравію; 9 – важкогорючий утеплювач; 10 – залізобетонні плити; 11 – ригель; 12 – колона

У разі влаштування цегляних капітальних протипожежних стін допускається закладання балок перекриття в стіну з таким розрахунком, щоб мінімальна товщина стіни між балками забезпечувала цілісність при завалюванні балок під час пожежі та потрібну межу вогнестійкості протипожежної стіни (рис. 10.4, а). В інших варіантах обпирання балок виконується за допомогою металевих хомутів, консолей або пілястрів (рис. 10.4, б, в, г).

У протипожежних стінах дозволяється прокладати вентиляційні та димові канали так, щоб у місця їх розміщення межа вогнестійкості протипожежної стіни з кожного боку каналу була не меншою ніж 2,5 год.

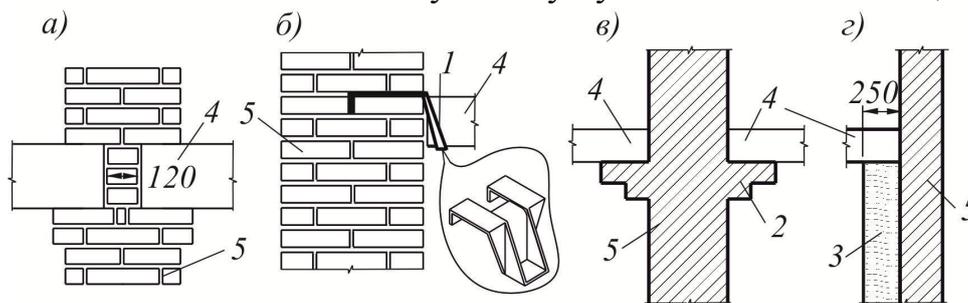


Рис. 10.4. Способи обпирання балок на цегляні стіни:

а – із закладанням у стіну; б – за допомогою хомутів; в – на консолях; г – на пілястрах;
1 – хомут; 2 – консоль; 3 – пілястр

Зверніть увагу! Протипожежні стіни мають зберігати свої функції при однобічному заваленні конструкцій, що до них прилягають.

Протипожежні перегородки служать для відділення вибухонебезпечних та пожежонебезпечних технологічних процесів у виробничих будівлях, різних функціональних процесів і місць зберігання матеріальних цінностей, які являють собою пожежну небезпеку; для відділення коридорів від вибухонебезпечних та пожежонебезпечних приміщень; забезпечення успішної евакуації людей з будівель і локалізації пожеж у межах пожежного відсіку або окремого приміщення.

Протипожежні перегородки, виконані зі штучних елементів, можуть бути каркасними та безкаркасними, а також каркасно-панельними.

Зверніть увагу! Необхідно звертати увагу на герметизацію стиків між панелями й герметизацію стиків перегородки з іншими конструкціями. Такі стики, як правило, ущільнюють мінерально-волокнистими прокладками з наступним замазуванням цементним розчином завтовшки 20 мм.

Протипожежні перекриття використовують для запобігання розповсюдженню пожежі по поверхнях будівлі або споруди.

Протипожежні перекриття без зазорів прилягають до зовнішніх стін з негорючих матеріалів. Якщо зовнішні стіни будівлі виконані з матеріалів, що поширюють полум'я, чи із заскленням, розташованим на рівні перекриттів, то перекриття мають перетинати ці стіни й засклення.

Протипожежні перекриття, як правило, улаштовують без отворів. Якщо влаштування отворів необхідно, то їх захищають протипожежними люками та клапанами відповідного типу.

Противопожежні зони передбачають для розділення будівель на пожежні відсіки у випадках, коли за економічними або технологічними причинами недоцільно використовувати протипожежні стіни. Їх виконують у будівлях I, II, III та IIIа ступенів вогнестійкості.

Противопожежна зона 1-го типу виконується у вигляді вставки, що поділяє будівлю по всій ширині (довжині) та висоті. Ширина зони має бути не меншою ніж 12 м.

Зверніть увагу! Такі зони є безпечними для евакуації людей, їх також можна використовувати для розміщення сил і засобів підрозділів пожежної охорони при можливій пожежі.

Противопожежні зони 2-го типу конструктивно відрізняються від зон 1-го типу та поступаються їм за надійністю як протипожежні перешкоди. Їх називають також покрівельними протипожежними зонами, оскільки виконують у вигляді смуги покриття та зовнішніх стін з негорючих матеріалів.

Зверніть увагу! 1. У приміщеннях, розташованих у межах протипожежної зони, не допустимо використовувати або зберігати горючі гази, рідини та матеріали, а також передбачати процеси, пов'язані з утворенням горючого пилу.

2. Противопожежні зони повинні зберігати свої функції при однобічному заваленні прилеглих до них конструкцій.

Тамбури-шлюзи передбачають у випадках, коли, крім захисту дверних прорізів та технологічних отворів, потрібно забезпечити їх надійну газодимонепроникність, чим вони відрізняються від звичайних тамбурів. Для цього в об'ємі тамбурів-шлюзів за допомогою спеціальних вентиляційних установок створюється надлишковий тиск (підпір повітря), не менший ніж 20 Па, на нижніх поверхах та не більший за 150 Па – на верхніх.

Противопожежні тамбур-шлюзи класифікують за типами відповідно до таблиці 10.4.

Таблиця 10.4

Класифікація тамбурів-шлюзів

Тип протипожежного тамбура-шлюзу	Типи елементів тамбурів-шлюзів не нижче		
	протипожежні перегородки	протипожежні перекриття	тип заповнення прорізів
1	1	3	2
2	2	4	3

Якщо тамбур-шлюз використовується як евакуаційний вихід, двері в ньому повинні відкриватися в одному напрямку – по ходу евакуації. В інших випадках більш доцільне відкривання дверей у напрямку шлюзу. Конструктивні схеми влаштування тамбурів-шлюзів наведені на рисунку 10.5.

Тамбури-шлюзи, в яких здійснюється постійний підпір повітря, передбачають для захисту отворів у протипожежних стінах і перегородках, що відділяють приміщення категорій А та Б від усіх суміжних приміщень, коридорів, сходових кліток і шахт ліфтів.

Тамбури-шлюзи, в яких створюється підпір повітря у разі пожежі, влаштовують у підвалах для ізоляції від шахт ліфтів та сходових кліток з виходом у приміщення першого поверху, якщо в підвальних приміщеннях є

горючі матеріали, а також у незадимлюваних сходових клітках 3-го типу будівель різного призначення й у ряді інших випадків.

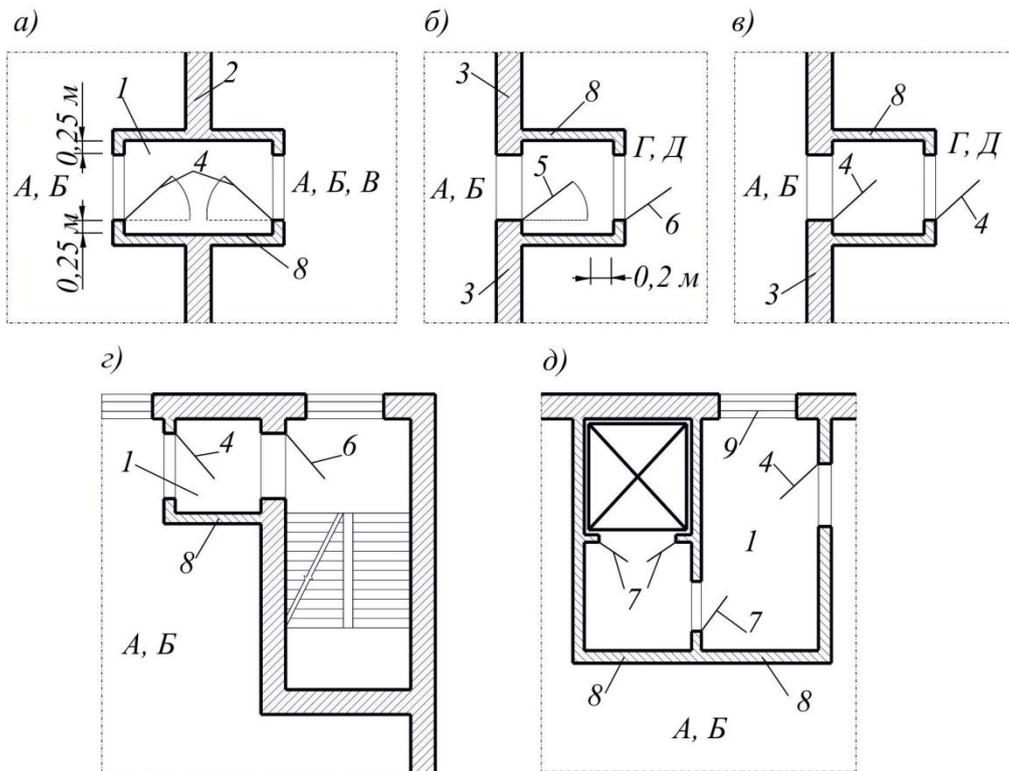


Рис. 10.5. Конструктивні схеми влаштування тамбурів-шлюзів:

а – при розділенні пожежо-, вибухонебезпечних виробництв; *б, в* – при захисті дверного прорізу в протипожежній стіні 1-го типу; *г* – при вході на сходову клітку; *д* – при вході в ліфт; А, Б, В, Г, Д – категорії приміщень за пожежною небезпекою; 1 – тамбур-шлюз; 2 – протипожежна стіна 1-го або 2-го типу; протипожежна перегородка 1-го типу; 3 – протипожежна стіна 1-го типу; 4 – протипожежні двері 2-го типу; 5 – протипожежні двері 1-го типу; 6 – дерев'яні двері без порожнин завтовшки не менше ніж 4 см; 7 – двері з негорючих матеріалів; 8 – перегородки 1-го типу; 9 – протипожежні вікна 2-го типу

Двері тамбурів-шлюзів з боку приміщень, у котрих не використовуються та не зберігаються горючі гази, рідини та матеріали та відсутні процеси, пов'язані з утворюванням горючого пилу, допускається виконувати з горючих матеріалів завтовшки не менше ніж 40 мм та без порожнин.

Ширина тамбурів-шлюзів повинна перевищувати ширину отворів не менше ніж на 0,5 м (по 0,25 м з кожного боку отвору), глибина – бути більшою від ширини дверного полотна на 0,2 м, але не меншою ніж 1,2 м.

Протипожежні двері, ворота, люки використовуються для захисту дверних прорізів і технологічних отворів у протипожежних перешкодах.

Протипожежні двері поділяють на три типи, при цьому їх мінімальні межі вогнестійкості складають відповідно 1,2; 0,6 та 0,25 год.

Типові проекти протипожежних дверей і воріт виробничих будівель передбачають їх виробництво у такому складі:

- Ø протипожежні двері;
- Ø протипожежні двері іскронеутворювальні;
- Ø протипожежні ворота та протипожежні ворота іскронеутворювальні

3,6×3,6 м і 3,6×3,0 м.

Зверніть увагу! Іскронеутворювальні протипожежні двері та ворота встановлюють у протипожежних і внутрішніх стінах тамбурів-шлюзів вибухо-, пожежонебезпечних приміщень категорій А та Б, у тому числі на сходових клітках, а також в отворах зовнішніх стін для безпосереднього виходу до зовнішніх установок, які вміщують вибухонебезпечні речовини. З метою попередження іскріння від механічних дій (удару, тертя) всі частини, в яких відбувається тертя, а також крайки полотен захищають смугами з латуні та інших кольорових металів, що не дають іскор.

Основні конструкції протипожежних дверей наведені на рис. 10.6 – 10.8.

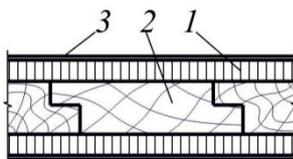


Рис. 10.6. Схема полотнища протипожежних дверей (воріт, люків та клапанів) з використанням деревини:

1 – шар деревини; 2 – термоізоляційний шар; 3 – обшивка покрівельною сталлю

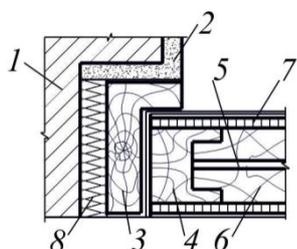


Рис. 10.7. Двошарове полотно протипожежних дверей:
1 – стіна; 2 – штукатурка; 3 – дверна коробка; 4 – об'язка дверей; 5 – шар азбесту; 6 – дошки, які піддані вогнезахисній обробці; 7 – непросочений шар фанери; 8 – прокладка

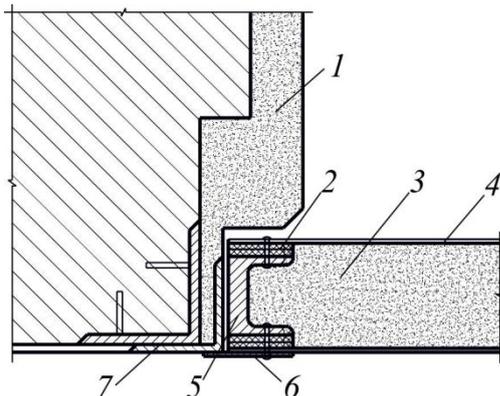


Рис. 10.8. Протипожежні двері з негорючих матеріалів:

1 – штукатурка; 2 – азбест ($d > 10$ мм);
3 – теплоізоляція; 4 – листова або покрівельна сталь; 5 – швелер (об'язка дверей); 6 – націльник;
7 – дверна коробка

Маркування дверей складається з буквеного та цифрового індексів, що показують їх тип і розміри:

ПД – протипожежні двері;

ПДУ – протипожежні двері утеплені;

ПДІ – протипожежні двері іскронеутворювальні;

ПДІУ – протипожежні двері іскронеутворювальні утеплені;

ПВ – протипожежні ворота;

ПВІ – протипожежні ворота іскронеутворювальні.

Відмінність утеплених протипожежних дверей (ПДУ) від неутеплених (ПД) у тому, що утеплені двері обшивають з одного боку поверх дерев'яного полотна деревоволокнистою ізоляційною плитою завтовшки 25 мм, а потім азбокартоном завтовшки 5 мм та покрівельною сталлю. Межа вогнестійкості таких дверей досягає 1,5 год.

Зверніть увагу! Конструктивне оформлення прорізів протипожежних дверей має виключати поширення вогню. Тому використання горючих матеріалів для

виготовлення порогів, перемичок прорізів, оздоблення стін у безпосередній близькості від дверей не рекомендується.

Протипожежні двері, що мають необхідні пожежно-технічні характеристики та встановлені у відповідних місцях, не зможуть чинити опір розповсюдженню пожежі, якщо будуть відкриті. Таким чином, протипожежні двері повинні бути обладнані комплектом спеціальних приладів і пристроїв для самозачинення та фіксації полотна у коробці. Деякі з таких механізмів показані на рисунку 10.9.

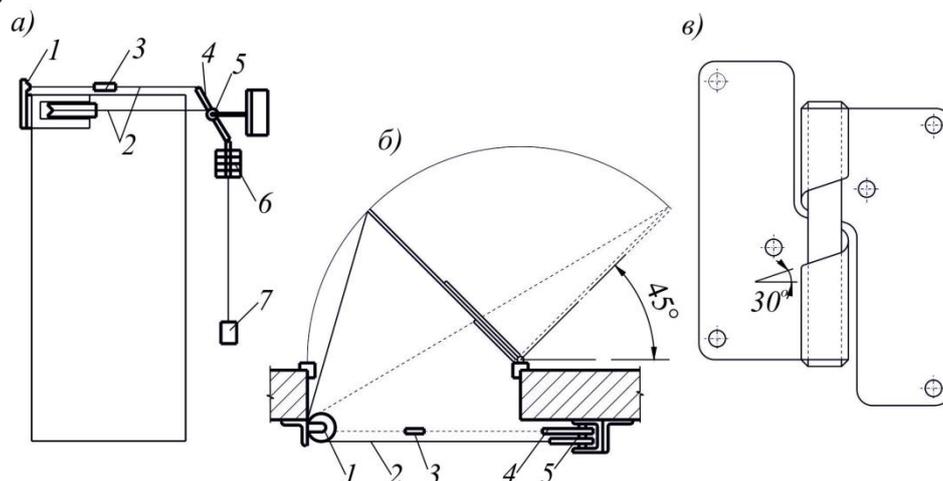


Рис. 10.9. Механізми самозачинення одностулкових навісних дверей:

а, б – за допомогою ваг; в – за допомогою гвинтових дверних петель; 1 – горизонтальний ролик; 2 – трос; 3 – легкоплавкий замок; 4 – важіль; 5 – вертикальний ролик; 6 – велика противага; 7 – мала противага

Для самозачинення також використовують пневматичні прилади та інші пристрої.

NON MULTA, SED MULTUM

Результати вогневих випробувань протипожежних дверей показують, що найбільш слабким місцем дверного блока є петля, оскільки саме через зазори між полотном і коробкою полум'я та сильно нагріті продукти горіння проникають і впливають на поверхню, що обігривається, у разі слабкої герметизації петель. Таким негативним явищем сприяє й деформація полотна дверей, особливо його кутових частин. Деформації виникають через велику різницю температур на обігрітій та необігрітій поверхні, а також через недостатню жорсткість самих полотен. Для запобігання деформації рекомендується використовувати деякі конструктивні заходи, а саме: дверне полотно встановлюють на трьох завісах та додатково фіксують його у коробці штирями в декількох точках, особливо у кутах. Герметизацію петель можна забезпечити використанням спеціальних конструкцій дверної коробки або нанесенням на торцеві поверхні полотна дверей та коробки спучуваних покриттів. Під час впливу підвищеної температури покриття спінюється і зазор між полотном та коробкою заповнюється стійким шаром на всю товщину полотна.

У приміщеннях з горючими рідинами в прорізах протипожежних дверей улаштовують пороги висотою не менше 15 см з пандусами.

У місцях стикування двостулкових протипожежних дверей і воріт улаштовують нащільники зі сталевих кутиків для звичайних дверей та воріт і з алюмінієвих кутиків – для іскронеутворювальних.

Система протидимного захисту являє собою комплекс організаційних заходів і технічних засобів, спрямованих на запобігання впливу на людей і

тварин диму, підвищеної температури та токсичних продуктів горіння, що утворюються при пожежах.

NON MULTA, SED MULTUM

Практика проектування й експлуатації будівель різного призначення показала, що продукти горіння при пожежі створюють особливу небезпеку для життя та здоров'я людей і тварин уже у початковий період розвитку пожежі – через 1...2 хв після її виникнення. Тому при проектуванні будівель, їх будівництві й експлуатації вживають заходів, які дозволяють виключити задимлення при пожежах евакуаційних шляхів, поверхів і окремих приміщень, розповсюдження продуктів горіння по різноманітних вертикальних та горизонтальних каналах і забезпечують видалення продуктів горіння.

Основне призначення протидимного захисту – забезпечення безпечної евакуації людей.

Технічні рішення з протидимного захисту евакуаційних шляхів повинні гарантувати їх незадимлення протягом часу, достатнього для безпечної евакуації людей за межі приміщення, будівлі чи споруди.

Незадимленість сходів досягається влаштуванням входу на сходову клітку через так звану повітряну зону або створення у ній підпору повітря.

Незадимленість приміщень досягається влаштуванням димових прорізів.

NON MULTA, SED MULTUM

Функції димових прорізів у багатьох будівлях виконують вікна, ліхтарі та ін. Але у деяких будівлях і приміщеннях прорізи відсутні, тоді для видалення продуктів горіння й забезпечення незадимлюваності суміжних приміщень та «управління» процесом горіння при пожежі використовують димові люки. Їх улаштовують у покритті театрів, у підвальних приміщеннях, у перекритті складських та безліхтарних виробничих будівлях, у будівлях холодильників і т.д.

При проектуванні димових прорізів необхідно вирішувати питання про їх максимальну площу й порядок розміщення у перекритті будівлі, а також вибирати конструкцію димових люків і шахт.

Площа димових люків визначається розрахунком, а у ряді випадків нормується у процентах до загальної площі приміщення, для яких вони призначені.

Зверніть увагу! При відкриванні протидимових люків процес горіння інтенсифікується внаслідок притоку повітря, тому одночасно з відкриванням димових люків вживають заходів щодо локалізації пожежі активними засобами гасіння.

Противибуховий захист будівель і споруд полягає у зменшенні тиску у випадку вибуху до безпечного для несучих та огорожувальних конструкцій рівня, щоб уникнути їх руйнування.

У приміщеннях, де існує ймовірність вибуху, установлюють *легкоскидні конструкції*, які руйнуються при вибуху і тим самим зменшують тиск усередині будівлі.

Розрізняють *настінні* та *покрівельні* легкоскидні конструкції:

Ø до *настінних* легкоскидних конструкцій належать легкі навісні панелі, вікна, двостулкові двері, ворота, які руйнуються чи розкриваються при надлишковому тиску вибуху, меншому за критичний. Надійність спрацювання навісних панелей забезпечується їх послабленим кріпленням до каркаса стін;

Ø покрівельні легкоскидні конструкції (плита покриття ПНСЛ) поступаються ефективністю дії настінним, тому їх слід передбачати лише у тих випадках, коли у приміщеннях відсутні віконні отвори та легкі навісні панелі або їх площа недостатня.

10.3. Вимушена евакуація людей із будинків і споруд

10.3.1. Загальгі вимоги

Евакуація – вимушений процес руху людей з метою рятування назовні приміщень при впливові на них небезпечних факторів пожежі або під час виникнення безпосередньої загрози цього впливу.

Показником ефективності евакуації є час, протягом якого люди можуть за необхідності залишити окремі приміщення і будівлю чи споруду в цілому.

Зверніть увагу! Безпека евакуації досягається тоді, коли час евакуації $t_{н.е}$ не перевищує часу настання критичної фази розвитку пожежі, тобто часу від початку пожежі до досягнення граничних для людей значень чинників пожежі (критичних температур, концентрацій кисню тощо) – розрахункового часу евакуації t_p .

Короткочасність евакуації досягається конструктивно-планувальними й організаційними заходами.

Шлях евакуації – безпечний для руху людей шлях, який веде до евакуаційного виходу.

Евакуаційний вихід – це вихід з будинку (споруди) безпосередньо назовні або вихід із приміщення, що веде до коридору чи сходової клітки безпосередньо або через суміжне приміщення.

Виходи вважаються евакуаційними, якщо вони ведуть:

Ø з приміщень першого поверху назовні безпосередньо чи через коридор, вестибюль, сходову клітку;

Ø з приміщень будь-якого поверху, крім першого, у коридори, що ведуть на сходову клітку (в тому числі через хол); при цьому сходові клітки повинні мати вихід назовні безпосередньо або через вестибюль, відділений від прилеглих коридорів перегородками з дверима;

Ø у сусіднє приміщення на цьому ж поверсі, яке має вогнестійкість не нижче III ступеня, не має виробництв, віднесених за пожежною небезпекою до категорій А і Б, що забезпечене виходами, вказаними вище;

Ø з цокольного, підвального, підземного поверху назовні безпосередньо через сходову клітку або коридор, котрий веде на сходову клітку, яка має вихід назовні.

Евакуаційні виходи повинні розташовуватися розосереджено.

Із приміщень, розташованих на другому та більш високих поверхах (висотою, не більшою ніж 30 м), допускається передбачати евакуаційний (запасний) вихід на зовнішні сталеві сходи.

Кількість евакуаційних виходів із приміщень і з кожного поверху потрібно приймати за ДБН В.1.1-7-2016 «Захист від пожежі. Пожежна безпека об'єктів будівництва. Загальні вимоги», але не менше двох.

NON MULTA, SED MULTUM

Двері на шляхах евакуації повинні відчинятися в напрямку виходу з будівель (приміщень). Допускається влаштування дверей з відчиненням усередину приміщення у разі одночасного перебування у ньому не більше 15-ти осіб, а також із комор із площею, не більшою ніж 200 м^2 , та санітарних вузлів. Не допускається влаштування гвинтових сходів, розсувних і виїздних дверей на шляхах евакуації. За наявності людей у приміщенні двері евакуаційних виходів можуть замикатися лише на внутрішні засови, які легко відмикаються. Мінімальна ширина шляхів евакуації – не менше ніж 1 м , висота проходу – 2 м , дверей – не менше $0,8 \text{ м}$. Ширина зовнішніх дверей сходових кліток повинна бути не меншою від ширини маршру сходів. Між маршами сходів необхідно передбачати горизонтальний зазор, не менший ніж 50 мм .

Відстань від найвіддаленішого робочого місця або точки приміщення до найближчого евакуаційного виходу визначається залежно від ступеня вогнестійкості будівлі та кількості людей, що евакууюються, згідно з ДБН В.1.1-7-2016.

Максимальна відстань L між найбільш віддаленими один від одного евакуаційними виходами з приміщень визначається за формулою

$$L = 1,5\sqrt{P},$$

де P – периметр приміщення, м .

Не допускається влаштовувати евакуаційні виходи через приміщення категорій А і Б, а також через виробничі приміщення в будівлях ІІБ, ІV, ІVа, V ступенів вогнестійкості.

Процес евакуації з будівель розподіляється на три етапи:

- І етап – рух людей від найбільш віддалених ділянок до евакуаційного виходу (зали для глядачів, навчальні класи);
- ІІ етап – рух людей від евакуаційних виходів до виходів назовні;
- ІІІ етап – рух людей від входу в будівлю.

Люди, рухаючись евакуаційними шляхами, створюють людський потік. Розміщення людей у потоці випадкове і може змінюватись у процесі руху.

10.3.2. Основні параметри руху людей

Основними параметрами руху людей, що характеризують процес евакуації з будинків і споруд, є: щільність потоку D , швидкість руху потоку v , пропускна здатність шляху (виходів) Q й інтенсивність руху q . Крім цього, евакуаційні шляхи, як горизонтальні, так і під нахилом, характеризуються вільною довжиною l та шириною руху d .

Щільність потоку D , який складається із N людей, виражається залежністю

$$D = Nf / (ld) = Nf / F, \text{ м}^2 / \text{м}^2,$$

де F – щільність шляху евакуаційної ділянки $F = ld$ м^2 ; f – площа горизонтальної проекції людини, м^2 .

NON MULTA, SED MULTUM

Площа горизонтальної проекції людини залежить від її віку, одягу, виду вантажу, який вона переносить ($0,1 \text{ м}^2$ – доросла людина в літньому одязі; $0,125 \text{ м}^2$ – те ж у зимовому одязі; $0,285 \text{ м}^2$ – те ж з дитиною на руках).

При щільності до $0,05 \text{ м}^2/\text{м}^2$ людина має повну свободу руху як за напрямком, так і за швидкістю. При щільності в інтервалі $0,05 < D < 0,15$ людина не може вільно змінювати напрямок свого руху; при щільності, більшій ніж $0,15 \text{ м}^2/\text{м}^2$, люди практично починають рухатися злито. Верхньою межею злитого руху необхідно вважати $D \leq 0,92 \text{ м}^2/\text{м}^2$. Цим значенням обмежується щільність при проектуванні евакуаційних шляхів.

Швидкість людського потоку v залежить від його щільності D й виду шляху (горизонтальний чи під нахилом).

Зверніть увагу! Із збільшенням щільності потоку швидкість руху зменшується. Для визначення швидкості руху в аварійних умовах вводять коефіцієнт умов руху залежно від виду шляху (горизонтальний шлях і прорізи – $1,49...0,36$; східці (спуск) – $1,21$; підйом – $0,26$).

Пропускною здатністю шляху (прорізу) ($\text{м}^2/\text{хв}$; люд./хв) називають кількість людей, які проходять за одиницю часу через поперечний перетин шляху шириною d

$$Q = Dvd, \text{ м}^2/\text{хв}.$$

Інтенсивністю руху q , $\text{м}/\text{хв}$, людського потоку називають величину, що дорівнює добутку щільності та швидкості руху

$$q = Dv, \text{ м}/\text{хв}.$$

Зверніть увагу! Інтенсивність руху не залежить від ширини шляху і є характеристикою потоку. Оскільки швидкість руху потоку – це функція його щільності, то інтенсивність руху також буде функцією щільності.

Визначення швидкості та інтенсивності руху людського потоку здійснюють залежно від щільності потоку (див. табл. 10.5).

Таблиця 10.5

Значення швидкості та інтенсивності руху людського потоку залежно від щільності

Щільність потоку $D, \text{ м}^2/\text{м}^2$	Горизонтальний шлях		Дверний проріз $q, \text{ м}/\text{хв}$	Сходи вниз		Сходи вгору	
	$v, \text{ м}/\text{хв}$	$q, \text{ м}/\text{хв}$		$v, \text{ м}/\text{хв}$	$q, \text{ м}/\text{хв}$	$v, \text{ м}/\text{хв}$	$q, \text{ м}/\text{хв}$
0,01	100	1	1	100	1	60	0,6
0,05	100	5	5	100	5	60	3
0,1	80	8	8,7	95	9,5	53	5,3
0,2	60	12	13,4	68	13,6	40	8
0,3	47	14,1	16,5	52	15,6	32	9,6
0,4	40	16	18,4	40	16	26	10,4
0,5	33	16,5	19,6	31	15,5	22	11
0,6	27	16,2	19	24	14,4	18	10,8
0,7	23	16,1	18,5	18	12,6	15	10,5
0,8	19	15,2	17,3	13	10,4	13	10,4
0,9 і більше	15	13,5	8,5	8	7,2	11	9,9

При визначенні щільності, яка відповідає заданій ділянці шляху й умовам руху, інтенсивність руху досягає свого максимуму q_{max} . Виходячи з цього, при заданій ширині ділянки шляху (незалежно від його виду: горизонтальний, під нахилом, проріз) *максимальна пропускна здатність* залежить від максимальної інтенсивності потоку

$$Q_{max} = q_{max} \cdot d$$

Розрахунковий час евакуації людей t_p визначають як суму часу руху людського потоку окремими ділянками шляху: $t_p = t_1 + t_2 + \dots + t_i$.

NON MULTA, SED MULTUM

Розрахунковий час евакуації людей із приміщень і будівель визначають згідно з часом руху одного або декількох людських потоків через евакуаційні шляхи з найбільш віддалених місць їх розміщення. При розрахунку весь шлях руху людського потоку розділяють на ділянки (прохід, коридор, дверний проріз, сходовий марш, тамбур) довжиною l_i і шириною d_i . Початковими ділянками є проходи між робочими місцями, обладнанням, рядами крісел і т.д. Довжину і ширину кожної ділянки евакуаційного шляху визначають згідно з проектом. Довжину шляху по сходових маршах, а також пандусах вимірюють за довжиною маршруту. Довжину шляху у дверному прорізі приймають рівною нулю. Проріз, розміщений у стіні товщиною більше ніж 0,7 м, а також тамбур необхідно вважати самостійними ділянками горизонтального шляху.

Необхідний час евакуації $t_{н.е}$ із приміщення або будівлі, де виникла пожежа, дорівнює граничній тривалості пожежі t_n , помноженій на коефіцієнт безпечності $\kappa_{б}$, який менше одиниці: $t_{н.е} = \kappa_{б} \cdot t_n$.

Умова безпечної евакуації характеризується нерівністю $t_p \leq t_{н.е}$.

Необхідний час евакуації людей визначається за таблицями 10.6 і 10.7.

Таблиця 10.6

Необхідний час евакуації людей ($xв$) із виробничих будинків I і II ступенів вогнестійкості

Категорія виробництва	Об'єм приміщення, тис. м ³			
	до 15	30	40	50
А, Б	0,50	0,75	1,0	1,50
В	1,25	2,0	2,0	2,5
Г, Д	Не обмежується			

При проміжних значеннях об'ємів необхідний час слід визначати інтерполяцією

Таблиця 10.7

Необхідний час евакуації людей ($xв$) із громадських будинків I і II ступенів вогнестійкості

Категорія виробництва	Об'єм приміщення, тис. м ³			
	до 5	10	20	40
Глядацькі зали в театрах, клубах, будинках культури та інші зали з колосниковою сценою	1,5	2,0	2,5	2,5
Концертні, лекційні зали, зали для зборів, виставкові зали та інші зали без колосникової сцени	2,0	3,0	3,5	4,4
Торговельні зали універсальних магазинів	1,5	2,0	2,5	2,5

ТЕМА 11. СИСТЕМИ ВИЯВЛЕННЯ І ЛІКВІДАЦІЇ ПОЖЕЖ

План лекції

- 11.1. Пожежна сигналізація та зв'язок.
- 11.2. Засоби і способи гасіння пожеж.
- 11.3. Аналіз речовин та матеріалів, що застосовуються для гасіння пожеж.
- 11.4. Технічні засоби ліквідації пожеж.

11.1. Пожежна сигналізація та зв'язок

Пожежна сигналізація – сукупність технічних засобів, установлених на об'єкті, що захищається, для виявлення пожежі, оброблення, подавання в заданому вигляді повідомлення про пожежу на цьому об'єкті, спеціальної інформації та (чи) подавання команд на вмикання автоматичних установок пожежогасіння й технічного обладнання.

Пожежна сигналізація та зв'язок *призначені* для швидкого і точного передання повідомлення про пожежу й місця її виникнення, приведення у дію засобів пожежогасіння, централізованого управління пожежними підрозділами та оперативним керівництвом гасіння пожеж.

Зверніть увагу! Для передачі повідомлення про пожежу в будь-який час доби можуть використовуватися телефони спеціального й загального призначення, радіозв'язок, централізовані установки пожежної сигналізації. Системи оповіщення про пожежу повинні забезпечувати згідно з розробленими планами евакуації передачу сигналів оповіщення одночасно по всьому будинку, а за необхідності – послідовно або вибірково в окремі його частини. Кількість сповіщувачів, їх розміщення та потужність вибирається таким чином, щоб забезпечити необхідну чутність у всіх місцях перебування людей. Для передачі текстів оповіщення та керування евакуацією допускається використовувати внутрішні радіотрансляційні мережі. Приміщення, з якого здійснюється керування системою пожежного оповіщення, належить розміщувати на нижніх поверхах будівель, біля входу на сходові клітки, у місцях із цілодобовим перебуванням чергового персоналу.

Пожежна сигналізація та зв'язок *за призначенням* розрізняють таким чином:

Ø *охоронно-пожежна* сигналізація оповіщає органи пожежної охорони про пожежу і місце її виникнення; повідомлення про пожежу та місце її виникнення здійснюється автоматичною чи неавтоматичною пожежною сигналізацією, а також за допомогою радіо і телефонного зв'язку;

Ø *диспетчерський зв'язок* забезпечує оперативне управління пожежними частинами та взаємодію зі службами міста, населеного пункту (водопостачання, швидка допомога, міліція і т.д.); оперативне управління в пожежній охороні здійснюється за допомогою телефонного або радіозв'язку;

Ø *оперативний радіозв'язок* забезпечує безпосереднє управління пожежними відділеннями на місці пожежі; для оперативного

радіозв'язку використовують ранцеві радіостанції та спеціальні автомобілі зв'язку.

Засобами протипожежної автоматики *обов'язково обладнують* виробничі будівлі категорій А і Б за пожежною небезпекою.

Система пожежної сигналізації складається з пожежних сповіщувачів, які включені у сигнальну лінію (шлейф), приймально-контрольного приладу, ліній зв'язку.

Пожежний сповіщувач – сигнальний пристрій для інформування про пожежу.

Зверніть увагу! Пожежні сповіщувачі перетворюють прояви пожежі (тепло, світло полум'я, дим) в електричний сигнал, котрий по лініях зв'язку надходить до контрольно-приймального приладу. Він здійснює приймання інформації від пожежних сповіщувачів, виробляє сигнал про виникнення пожежі чи несправності, передає цей сигнал та видає команди на інші пристрої (наприклад, умикає автоматичні установки пожежогасіння чи димовидалення).

Системи електричної пожежної сигналізації (ЕПС) можуть бути *автоматичної чи неавтоматичної дії* (ручної або комбінованої) залежно від їх схеми та використовуваних пожежних сповіщувачів.

Зверніть увагу! 1. *Ручний сповіщувач* являє собою технічний пристрій (кнопка, тумблер тощо), за допомогою якого особа, котра виявила пожежу, може подавати повідомлення на приймальний прилад або пульт пожежної сигналізації. Ручні сповіщувачі встановлюються всередині приміщень на відстані 50 м, а поза приміщеннями – на відстані 150 м один від одного.

2. *Автоматичний сповіщувач* розміщується в зоні, яка охороняється, та автоматично подає сигнал тривоги на приймальний пункт при вмиканні одного чи кількох ознак пожежі.

Залежно від схеми з'єднання розрізняють променево-радіальні й кільцеві (шлейфові) ЕПС.

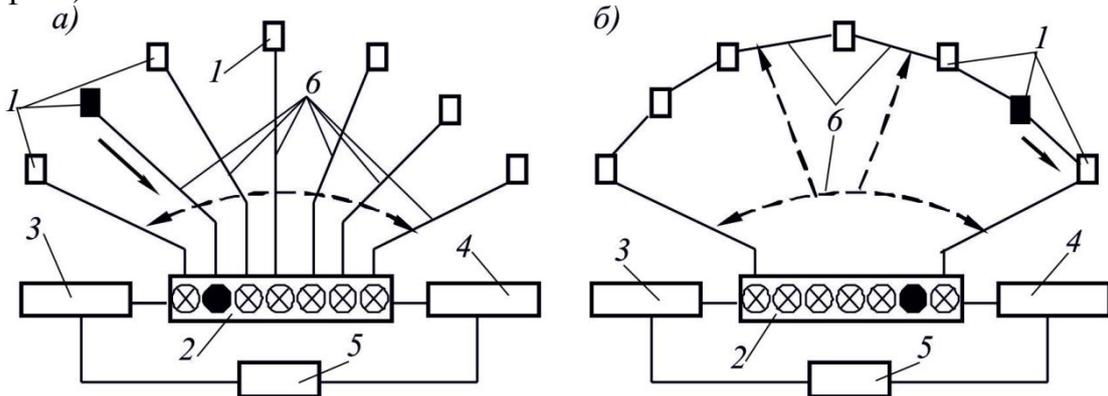


Рис. 11.1. Схеми системи електричної пожежної сигналізації:

а) променево-радіальне з'єднання; б) кільцеве з'єднання;

1 – сповіщувачі; 2 – приймально-контрольний прилад; 3 – блок живлення; 4 – блок аварійного живлення; 5 – система переключення від одного джерела живлення на інший;
б – з'єднувальні проводи

Променеву систему використовують при невеликій протяжності лінії пожежної сигналізації або за наявності можливості використання кабелю телефонного зв'язку (при напруженнях до 60 В) (рис.11.1, а).

Кільцева система відрізняється від променевої тим, що сповіщувачі ручної дії вмикаються послідовно в однопровідну лінію (шлейф), початок і кінець якої з'єднані з контрольно-приймальною станцією (рис.11.1, б).

Зверніть увагу! Схема автоматичної ЕПС може бути тільки променевою (місце займання визначається номером шлейфа (променя), котрий видав сигнал), а неавтоматичною – променевою та кільцевою (адреса займання визначається місцем установки сповіщувача, який видав сигнал, за його адресним номером).

Автоматичні сповіщувачі залежно від *чутливого елемента і фактора пожежної небезпеки*, що визначає їх спрацювання, поділяють на теплові, димові, світлові, комбіновані й ультразвукові (див. рис. 11.2).

Теплові пожежні сповіщувачі за принципом дії поділяються на:

Ø *максимальні* (ИТ-Б, ИТ2-Б, ИП 105), які спрацьовують при досягненні порогового значення температури в місці їх установлення;

Ø *диференціальні* (НЛ 871-20), котрі реагують на швидкість наростання температури навколишнього повітря;

Ø *максимально-диференціальні* (ИТ1-МБД, D-601), котрі є комбінованими та які спрацьовують від тієї чи іншої переважаючої зміни температури.

Димові сповіщувачі розраховані на виявлення продуктів згоряння у повітрі. Їх робота ґрунтується на оптичному (фотоелектричному) і радіоізотопному ефектах.

Ø Дія *оптичного* сповіщувача (ИПД-1) базується на реєстрації розсіяного світла. Випромінювач та приймач, що працюють в інфрачервоному світлі, розташовані в оптичній камері таким чином, що промені від випромінювача не можуть потрапити безпосередньо на приймач. У випадку пожежі дим надходить до оптичної камери сповіщувача. Світло від випромінювача розсіюється частинками диму і потрапляє на приймач. Унаслідок цього формується сигнал.

Ø У *радіоізотопному* сповіщувачі диму чутливим елементом слугує іонізаційна камера з джерелом α -випромінювання. Дим, який утворюється при пожежі, знижує силу іонізаційного струму (ступінь іонізації в камері), що й реєструється сповіщувачем.

Світлові сповіщувачі (ИП, ИП-П, ИП-ПБ) улаштовані за принципом дії ультрафіолетового випромінювання полум'я. Як чутливий елемент використовуються лічильники фотонів, котрі реєструють випромінювання полум'я.

Комбіновані сповіщувачі ИПК-1, ИПК-2, ИПК-3 контролюють відразу два чинники, що супроводжують пожежу: дим та температуру.

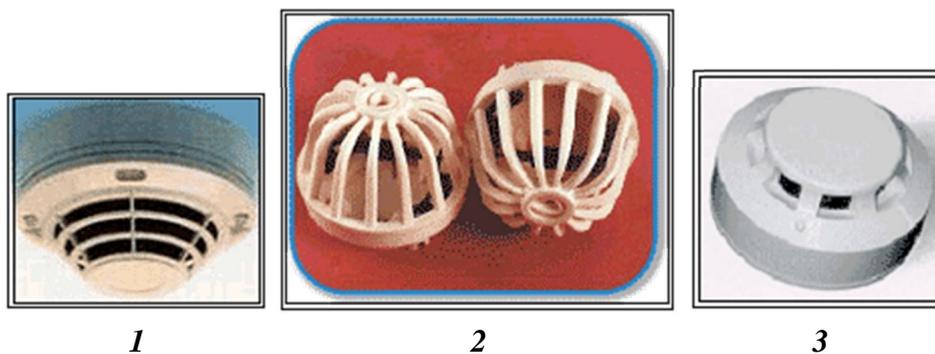


Рис. 11.2. Види пожежних сповіщувачів:

1 – тепловий максимально-диференціальний сповіщувач; 2 – сповіщувачі пожежні теплові максимальної дії; 3 – сповіщувач пожежний димовий оптико-електронний

Пожежні сповіщувачі характеризуються (табл. 11.1):

- ✓ порогом спрацювання – найменшим значенням параметра, на який вони реагують;
- ✓ інерційністю – часом від початку дії чинника, що контролюється, до моменту спрацювання;
- ✓ захищеною площею – площею підлоги, яку контролює один сповіщувач.

Таблиця 11.1

Порівняльна характеристика сповіщувачів різних типів

Показник сповіщувача	Вид сповіщувача		
	теплові	димові	світлові
Інерційність, с	60 – 120	5 – 25	0,1 – 5
Площа захисту, м ²	15 – 30	55 – 65	80 – 120

Зверніть увагу! При виборі типу та виконання автоматичного пожежного сповіщувача необхідно враховувати призначення приміщення, яке захищується, пожежну характеристику матеріалів, що в них знаходяться, первинні ознаки пожежі та умови експлуатації відповідно до ДБН В.2.5-56:2014 «Системи протипожежного захисту».

11.2. Засоби і способи гасіння пожеж

Вибір засобів тушіння пожежі визначається залежно від таких факторів:

- 1) стадії пожежі;
- 2) масштабу горіння;
- 3) особливостей горіння речовин і матеріалів.

Розрізняють чотири основні способи припинення процесу горіння:

- а) охолодження горючих речовин або зони горіння:
 - Ø суцільними струменями води;
 - Ø розпиленими струменями води;
 - Ø перемішуванням горючих речовин;
- б) ізоляція горючих речовин чи окиснювача (повітря) від зони горіння:
 - Ø шаром піни;
 - Ø шаром продуктів вибуху вибухових речовин;

- Ø утворенням розривів у горючій речовині;
- Ø шаром вогнегасного порошку;
- Ø вогнегасними смугами;
- в) розбавлення *окисника або горючих речовин*:
 - Ø тонкорозпиленими струменями води;
 - Ø газоводяними струменями;
 - Ø негорючими газами чи водяною парою;
 - Ø водою (для горючих та легкозаймистих гідрофільних рідин);
- г) хімічного гальмування (*інгібування*) *реакції горіння*:
 - Ø вогнегасними порошками;
 - Ø галогеновуглеводнями.

Зверніть увагу! Зазвичай механізм гасіння пожежі має *комбінований характер*, при цьому мають місце одночасно кілька способів припинення процесу горіння.

11.3. Аналіз речовин та матеріалів, що застосовуються для гасіння пожеж

Вогнегасна речовина – речовина, що має фізико-хімічні властивості, які дозволяють створити умови для припинення горіння.

NON MULTA, SED MULTUM

Вогнегасні речовини повинні мати високий ефект гасіння при відносно малій їх витраті, бути дешевими, безпечними при застосуванні, не заподіювати шкоди матеріалам, предметам і навколишньому середовищу.

Речовинами, що найбільш повно відповідають вищезазначеним вимогам, а відтак належать до основних речовин, є: вода (в різних видах), піна, інертні та негорючі гази, галогенопохідні вуглеводнів, спеціальні порошки. Вони здійснюють зазвичай комбіновану дію на процес горіння. Так, вода охолоджує та ізолює (або розбавляє) джерело горіння; піна здійснює ізолювальну й охолоджувальну дію; порошки можуть інгібувати процес горіння та ізолювати тверді горючі речовини від зони полум'я. Однак для будь-якої вогнегасної речовини характерна основна (домінуюча) дія. Наприклад, вода здійснює в основному охолоджувальну дію на процес горіння; піна – ізолювальну; інертні й негорючі гази – розбавлювальну; галогеновуглеводні та порошки – інгібувальну.

Вода – найбільш розповсюджена, дешева й легкодоступна вогнегасна речовина.

Потрапляючи в зону горіння, вона інтенсивно охолоджує речовини, що горять, збиває своєю масою полум'я, змочує поверхню горючої речовини та, утворюючи водяну плівку, перешкоджає надходженню до неї кисню з повітря.

Для підвищення ефекту змочування й проникної здатності іноді у воду додають спеціальні домішки (наприклад, поверхнево-активні речовини).

Зверніть увагу! Для гасіння пожежі вода може застосовуватись у різних видах: компактними струменями; розпиленою та тонкорозпиленою, як водяна пара.

Вода у вигляді компактних струменів використовується для гасіння пожеж, що вже сильно розвинулися; пожеж на висоті; коли необхідно подавати воду на великі відстані (до 50...70 м) чи надати їй значної ударної сили для відриву полум'я від матеріалу, що горить; для створення водяних завіс та охолодження об'єктів, які знаходяться поруч з осередком пожежі.

Зверніть увагу! Такий спосіб гасіння пожеж є простим і розповсюдженим, однак характеризується значними витратами води.

Розпиленими та тонко розпиленими (краплинами, меншими ніж 100 мкм) струменями води ефективно гасять тверді речовини і матеріали, горючі та навіть легкозаймисті рідини.

Зверніть увагу! При такому гасінні пожеж значно зменшуються витрати води, мінімально зволожуються та псуються матеріали, осаджується дим, створюються найбільш сприятливі умови для випаровування води, а відтак для підвищення охолоджувального ефекту (при випаровуванні 1 л води поглинається близько $22 \cdot 10^5$ Дж теплоти) та розбавлення горючого середовища.

Водяна пара застосовується для гасіння пожеж у приміщеннях об'ємом до 500 м^3 і невеликих пожеж на відкритих майданчиках та устаткуванні. Пар зволожує матеріали й предмети, а також розбавляє повітря, знижуючи тим самим концентрацію кисню в зоні горіння.

Зверніть увагу! 1. Один літр води при випаровуванні утворює 1725 л пари і поглинає 2260 кДж теплоти.

2. Вогнегасна концентрація водяної пари в повітрі становить приблизно 30 – 35% за об'ємом.

Вода як вогнегасна речовина має також властивості, що обмежують сферу її застосування.

NON MULTA, SED MULTUM

Водою не можна гасити об'єкти, устаткування, які знаходяться під напругою, оскільки вода є електропровідною. Вода вступає у хімічну реакцію з лужними, лужноземельними металами, їх карбідами, у результаті чого виділяється значна кількість тепла й горючих газів, що може призвести до вибухів та збільшення пожежі. Не можна гасити водою легкозаймисті рідини (ЛЗР), що мають меншу, ніж вода, густину (бензин, гас, толуол та ін.), оскільки вони спливають і продовжують горіти на поверхні води, збільшуючи тим самим осередок пожежі. По плівці ЛЗР, що розтікалася по поверхні води, пожежа може поширюватися на значну відстань. Крім того, вода має здатність викликати значне псування деяких матеріалів, тому її не можна використовувати для гасіння цінного устаткування, бібліотек, музеїв і т.п.

Водні розчини солей застосовуються для гасіння речовин, які погано змочуються водою (бавовна, торф).

Зверніть увагу! У воду додають поверхнево-активні речовини, піноутворювач, сульфонали, сульфонати та ін.

Піна широко застосовується для гасіння легкозаймистих рідин. *Вогнегасна дія* піни полягає в тому, що, покриваючи поверхню речовини, яка горить, вона обмежує доступ горючих газів та парів у зону горіння, ізолює речовину від зони горіння й охолоджує найбільш нагрітий верхній шар речовини.

Для неперервного подання піни при гасінні великих пожеж застосовують спеціальні піноутворювальні апарати – стволи повітряно-пінні (СПП), піногенератори (ГПС).

На практиці застосовують *два види піни*: хімічну та повітряно-механічну.

Хімічну піну отримують при взаємодії лужного й кислотного розчинів за наявності піноутворювача.

Зверніть увагу! Така піна складається із 80% вуглекислого газу, 19,7% води та 0,3% піноутворювальної речовини. Її густина становить близько $0,2 \text{ г/см}^3$, кратність – 5 (відношення об'єму піни до об'єму розчину, з якого вона

утворена), стійкість – до 40 хв.

Повітряно-механічна піна утворюється при механічному змішуванні повітря, води та піноутворювача.

Зверніть увагу! Частиці цих компонентів дорівнюють відповідно 90%, 9,4 – 9,8% та 0,2 – 0,6%. Повітряно-механічна піна буває низької кратності (до 10), середньої (10...200) та високої (більше 200). Її стійкість залежить від піноутворювача й становить до 20 хв, але зі збільшенням кратності вона зменшується.

Інертні й негорючі гази, головним чином вуглекислий газ та азот, знижують концентрацію кисню в осередку пожежі й гальмують інтенсивність горіння.

Інертні та негорючі гази *застосовуються*, як правило, для гасіння легкозаймистих і горючих рідин, твердих речовин і матеріалів, устаткування під напругою, а також у випадках, коли застосування води чи піни не дає дієвого ефекту або воно є небажаним з огляду на значні збитки (в музеях, картинних галереях, архівах, приміщеннях з комп'ютерною технікою тощо).

Найбільший ефект досягається при гасінні інертними та негорючими газами пожеж у замкнутих об'ємах, однак при цьому необхідно враховувати можливість токсичної дії на людей вуглекислого газу.

Зверніть увагу! Вогнегасна концентрація цих газів при гасінні пожежі в закритому приміщенні становить 30 – 35% до об'єму приміщення.

Вогнегасна дія *галогеновуглеводнів (хладонів)* полягає у хімічному гальмуванні реакцій горіння шляхом розривання ланцюгових реакцій окиснення, тому їх називають інгібіторами, або антикаталізаторами.

Порівняно з вуглекислим газом вони є більш ефективними та завдяки змочуванню можуть застосовуватися для гасіння тліючих речовин і матеріалів.

До *недоліків* галогеновуглеводнів можна віднести їх високу корозійну активність, токсичність та вартість.

Зверніть увагу! 1. Вогнегасні концентрації галогенопохідних вуглеводнів у відсотках за об'ємом: бромистий метилен – 2,4%; йодистий метилен – 2,7%; тетрафторброметан – 7,5%; бромистий етил – 8,6%; дихлормонофтор-метан – 9,5%.

2. При використанні галогеновуглеводнів для гасіння пожежі необхідно дотримуватися правил безпеки. Зокрема, приведення в дію хладонових установок пожежегасіння допускається лише після евакуації людей з приміщення.

Вогнегасні порошки являють собою дрібно подрібнені мінеральні солі з різноманітними домішками, що протидіють злежуванню та утворенню грудок.

Порошки *характеризуються* високою вогнегасною спроможністю й універсальністю щодо сфери застосування.

Вогнегасні порошки можна *використовувати* для різноманітних способів пожежегасіння, в тому числі для інгібування та подавлення горіння вибухом, крім того, при плавленні ізолюють реагуючі речовини від зони горіння.

Розрізняють порошки *загального й спеціального призначення*.

Зверніть увагу! Основним компонентом порошка ПСБ є бікарбонат натрію (технічна сода); ПФ – діамоній фосфат; ПС – карбонат натрію; СН – сілікогель, насичений хладоном.

Стиснуте повітря, яке подається знизу, переміщує нижні, більш холодні

шари рідини вгору, зменшуючи температуру верхнього шару.

Коли температура верхнього шару стає меншою за температуру займання, горіння припиняється.

Стиснуте повітря *використовують* при гасінні пожеж у резервуарах нафтопродуктів великої місткості.

Гасіння невеликих осередків пожежі може здійснюватися піском, покривалом з повстини, азбесту, брезенту та інших матеріалів.

Метод полягає в *ізолюванні* зони горіння від повітря і *механічному збиванні полум'я*.

Вибір вогнегасної речовини залежить від характеру пожежі, властивостей та агрегатного стану речовин, що горять, параметрів пожежі (у відкритому або закритому повітрі), вогнегасної здатності щодо гасіння конкретних речовин і матеріалів, ефективності способу гасіння пожежі.

Класифікація пожеж відповідно до стандарту ISO № 3941-77 та ГОСТ 27331-87 «Пожарная техника. Классификация пожаров» (дата актуалізації: 01.06.2019), а також рекомендації щодо вогнегасних речовин наведені у таблиці 11.2

Таблиця 11.2

Класифікація пожеж та рекомендовані вогнегасні речовини

Клас пожежі	Символ класу пожежі	Характеристика горючих речовин та матеріалів або об'єкта, що горить	Рекомендовані вогнегасні речовини
A		Тверді речовини, переважно органічного походження, горіння яких супроводжується тлінням	Усі види вогнегасних речовин
B		Легкозаймісті та горючі рідини, а також тверді речовини, які розтоплюються (нафтопродукти, спирти, каучук, деякі синтетичні матеріали та ін.)	Розпилена вода, всі види пін, порошки, речовини на основі галогено-алкідів, стиснуте повітря
C		Горючі гази (водень, ацетилен, вуглеводні та ін.)	Порошки; гази: інертні (азот, CO ₂), галогеновуглеводні; вода (для охолодження)
D		Метали та їх сплави (калій, натрій, алюміній, магній тощо).	Порошки (при спокійному подаванні на поверхню, що горить)
E		Електроустановки під напругою	CO ₂ , хладони, порошки

11.4. Технічні засоби ліквідації пожеж

Усі установки й засоби, що застосовуються для гасіння пожеж, поділяються на *первинні, пересувні та стаціонарні* (автоматичні).

До **первинних засобів** пожежогасіння належать вогнегасники, пожежний інвентар (бочки з водою, лопати, ящики з піском, негорючі теплоізоляційні полотна) та пожежний інструмент (багри, ломи, сокири), що розміщуються на спеціальних пожежних стендах (щитах).

Зверніть увагу! Вогнегасники й пожежний інвентар повинні мати червоне пофарбування, а бочки з водою та ящики з піском ще й відповідні надписи білою фарбою. Пожежний інструмент фарбується у чорний колір.

NON MULTA, SED MULTUM

Визначення видів та кількості первинних засобів пожежогасіння слід проводити з урахуванням фізико-хімічних і пожежонебезпечних властивостей горючих речовин, їх взаємодії з вогнегасними речовинами, а також розмірів площ виробничих приміщень, відкритих майданчиків та установок. Необхідну кількість первинних засобів пожежогасіння визначають окремо для кожного поверху й приміщення згідно з Типовими нормами належності вогнегасників. Коли в одному приміщенні знаходяться декілька різних за пожежною небезпекою виробництв, не відділених один від одного протипожежними стінами, то всі ці дільниці забезпечують засобами пожежогасіння за нормами найбільш небезпечного виробництва.

Для розміщення первинних засобів пожежогасіння у виробничих, складських, допоміжних приміщеннях, будинках, спорудах, а також на території підприємств повинні встановлюватися *спеціальні пожежні щити* (стенди).

Пожежні щити (стенди) мають встановлюватися на території об'єкта площею, більшою ніж 200 м^2 , з розрахунку один щит (стенд) на 5000 м^2 захищеної площі, або так, щоб до найдалшої будівлі було не більше 100 м , а від сховищ з вогнебезпечними матеріалами – не більше 50 м .

До комплекту засобів пожежогасіння, які розміщуються на щиті, слід включати:

- вогнегасники – *3 шт.*;
- ящик з піском – *1 шт.*;
- пожежне покривало розміром $2 \times 2 \text{ м}$ – *1 шт.*;
- гаки – *3 шт.*;
- лопати, ломи, сокири – по *2 шт.*

Зверніть увагу! На пожежних щитах (стендах) повинні розміщуватися ті первинні засоби гасіння пожежі, які можуть застосовуватись у цьому приміщенні, споруді.

NON MULTA, SED MULTUM

Пожежні покривала повинні мати розмір, не менший ніж $1 \times 1 \text{ м}$. Їх призначено для гасіння невеликих осередків пожеж у разі займання речовин, горіння яких не може відбуватися без доступу повітря. У місцях застосування та зберігання ЛЗР і ГР мінімальні розміри пожежних покривал збільшуються до величин $2 \times 1,5$ і $2 \times 2 \text{ м}$ відповідно. Пожежні покривала придатні для гасіння пожеж класів А, В, D.

Бочки з водою повинні встановлюватись у виробничих, складських та інших приміщеннях, спорудах у разі відсутності внутрішнього протипожежного водогону й за наявності горючих матеріалів, а також на території об'єктів, індивідуальних (садибних)

житлових будинків, садових, дачних будинків. Їх кількість у приміщеннях має визначатися з розрахунку одна бочка на $250...300 \text{ м}^2$ захищеної площі. Бочки для зберігання води з метою пожежогасіння повинні мати місткість, не меншу ніж $0,2 \text{ м}^3$, і мають бути укомплектовані пожежним відром місткістю, не меншою ніж $0,008 \text{ м}^3$.

Ящики для піску повинні мати місткість $0,5, 1,0$ або $3,0 \text{ м}^3$ і бути укомплектовані совковою лопатою. Ящики для піску, які є елементом конструкції пожежного стенда, повинні мати місткість, не меншу ніж $0,1 \text{ м}^3$.

Вогнегасник – технічний засіб, призначений для припинення горіння подаванням вогнегасної речовини, що міститься в його корпусі, під дією надлишкового тиску, за масою та конструктивним виконанням придатний для транспортування і застосування людиною.

Вогнегасники призначені для гасіння пожеж на початковій стадії їх розвитку силами персоналу об'єктів до прибуття штатних підрозділів пожежної охорони.

Зверніть увагу! 1. Вогнегасники характеризуються високою вогнегасною спроможністю та значною швидкістю. За способом транспортування вогнегасної речовини вогнегасники випускаються двох видів: переносні (об'ємом корпусу $1...10 \text{ л}$; загальною вагою, не більшою ніж 20 кг) і пересувні (об'ємом корпусу більшим ніж 25 л , на спеціальних пристроях з колесами).

2. Створення надлишкового тиску, завдяки якому здійснюється викидання вогнегасної речовини з вогнегасника, може здійснюватися: газом-витискувачем, що знаходиться в окремому малолітражному балоні, котрий може знаходитися як усередині, так і зовні корпусу вогнегасника; газом-витискувачем, що знаходиться в корпусі вогнегасника (закачані); газом, що утворюється у результаті хімічної реакції.

За призначенням **вогнегасники** можуть бути двох типів:

Ø вогнегасник загального призначення – вогнегасник, призначений для забезпечення протипожежного захисту об'єкта;

Ø вогнегасник спеціального призначення – вогнегасник, призначений для забезпечення протипожежного захисту об'єкта зі специфічними умовами експлуатації та (або) особливостями пожежної небезпеки виробництва і (або) за конструктивним виконанням відрізняється від вогнегасника загального призначення.

Залежно від вогнегасної речовини вогнегасники поділяються на:

Ø водяні (із зарядом води чи води з домішками);

Ø пінні (хімічно-пінні, повітряно-пінні);

Ø газові (вуглекислотні, хладонові);

Ø порошкові;

Ø комбіновані (піна – порошок).

Хімічно-пінні вогнегасники (ВХП-10) (рис. 11.3, а) призначені для гасіння ЛЗР і ГР, а також твердих горючих речовин та матеріалів.

Зверніть увагу! У корпусі вогнегасника ВХП-10 знаходиться лужна частина заряду, а в стакані – кислота. У результаті реакції утворюється значна кількість вуглекислого газу, який інтенсивно перемішує рідину, утворюючи при цьому піну. Завдяки надлишковому тиску CO_2 через отвір у корпусі викидується струмінь хімічної піни на відстань $6...8 \text{ м}$.

Повітряно-пінні вогнегасники (ВПП-5; ВПП-10; ВПП-100) (рис. 11.3, б) призначені для гасіння ЛЗР і ГР, а також твердих горючих речовин та матеріалів.

Зверніть увагу! 1. Зарядом вогнегасника ВПП-10 є 6-відсотковий водяний розчин піноутворювача, що знаходиться в корпусі. Надлишковий тиск, завдяки якому піноутворювач виходить (витискається) з корпусу вогнегасника, створюється вуглекислою, яка у зрідженому стані знаходиться в балончику. Повітряно-механічна піна утворюється в піногенераторі, де розчин, що виходить із корпусу через сифонну трубку та рукав, змішується з повітрям. На відміну від хімічної, повітряно-механічна піна не викликає корозію, більш екологічна, однак має меншу стійкість.

2. *Пінні вогнегасники (хімічно- та повітряно-пінні) не можуть застосовуватися для гасіння електроустановок, що знаходяться під напругою, а також лужних і лужноземельних металів та їх карбідів, оскільки до складу піни входить вода.*

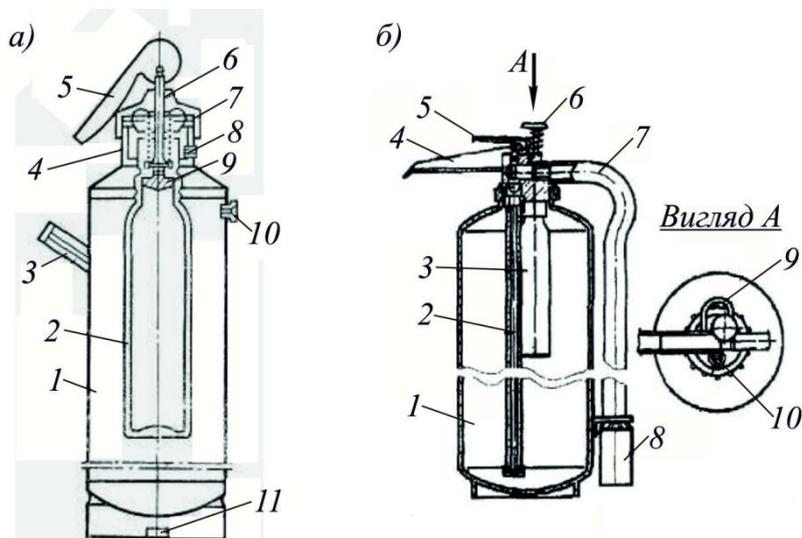


Рис. 11.3. Пінні переносні вогнегасники:

- а) – вогнегасник хімічно-пінний ВХП-10: 1 – корпус; 2 – кислотний стакан; 4 – горловина; 3, 5, 11 – рукоятка; 6 – шток; 7 – кришка; 8 – сприск; 9 – клапан; 10 – запобіжники;*
б) – вогнегасник повітряно-пінний ВПП-10: 1 – корпус; 2 – сифонна трубка; 3 – балончик; 4 – ручка; 5 – важіль керування клапаном; 6 – пускова кнопка; 7 – рукав; 8 – піногенератор; 9 – запобіжник; 10 – запобіжний клапан

Вуглекислотні вогнегасники (рис. 11.4, а) (ВВ-2, ВВ-5, ВВ-8, ВВ-25, ВВ-80) застосовуються для гасіння ЛЗР та ГР, твердих горючих речовин і матеріалів, електроустановок, що знаходяться під напругою до 1000 В, а також цінних предметів.

Вогнегасна дія вуглекислого газу, який є основним компонентом цих вогнегасників, у вигляді вуглекислоти ґрунтується на зниженні концентрації кисню у зоні горіння та охолодженні об'єкта, що горить.

Зверніть увагу! 1. У вогнегаснику ВВ-2 вуглекислота знаходиться в корпусі (товстостінний металевий балон) у зрідженому стані (при високому тиску). У разі натискання на важіль керування клапаном вуглекислота під тиском виходить у розтруб, де в результаті різкого розширення (в 500 разів за об'ємом) та швидкого випаровування утворюється снігоподібна маса з температурою близько -70°C .

2. Вуглекислотні вогнегасники *не можна застосовувати* для гасіння гідрофільних ЛЗР (спирти, ацетон і т.д.), у яких CO_2 добре розчиняється, лужних та лужноземельних металів, тліючих речовин (відсутнє змочування), а також речовин, які можуть горіти без доступу повітря (магній, целулоїд).

Хладонові (аерозольні) вогнегасники (рис. 11.4, б) (ВАХ, ВХ-3, ВВБ-3А, ВХ-7) призначені для гасіння електроустановок під напругою до 380 В, різноманітних тліючих матеріалів, горючих твердих та рідких речовин, за винятком лужних і лужноземельних металів та їх карбідів, а також речовин, здатних горіти без доступу повітря.

Зверніть увагу! Як вогнегасну речовину у хладонових вогнегасниках використовують галогеноуглеводні (бромистий етил, хладон 11В2 та ін.). Ці матеріали не замерзають при виході із запірно-пускового пристрою і вимагають створення значно меншого (0,9 МПа) тиску в балоні, що дозволяє використовувати тонкостінні балони, вага яких є невеликою.

Порошкові вогнегасники (рис. 11.4, в) (ВП-1, ВП-2, ВП-5, ВП-10, ВП-100) є універсальними і характеризуються широким діапазоном застосування. На відміну від інших видів вогнегасників, ними можна гасити лужні й лужноземельні метали та їх карбіди.

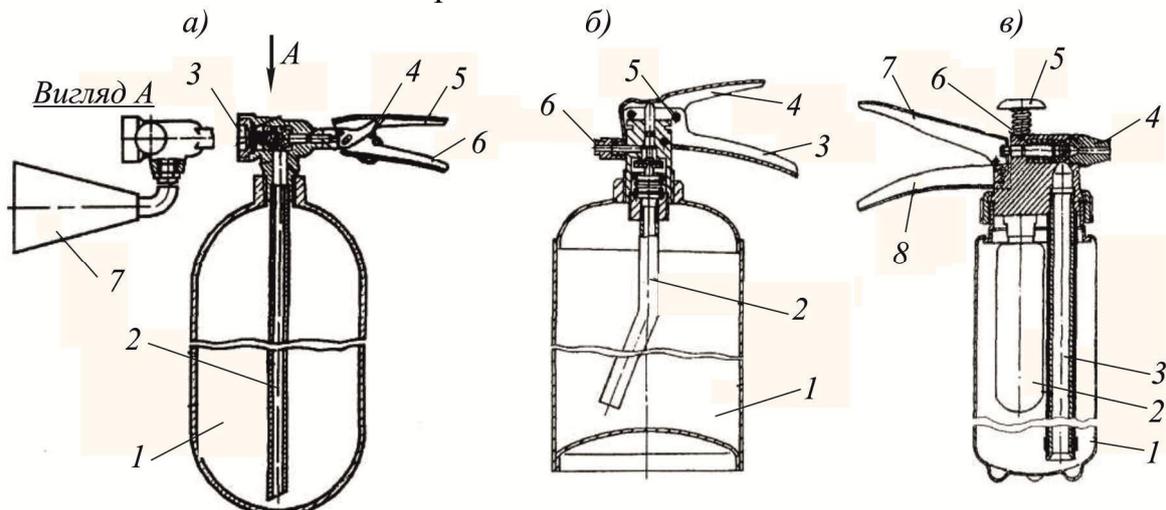


Рис. 11.4. Газові і порошковий переносні вогнегасники:

- а) – вогнегасник вуглекислотний ВВ-2:** 1 – корпус; 2 – сифонна трубка; 3 – запобіжна мембрана; 4 – запобіжна чека; 5 – важіль керування клапаном; 6 – ручка; 7 – розтруб;
- б) – вогнегасник хладоновий ВХ-3:** 1 – корпус; 2 – сифонна трубка; 3 – ручка; 4 – важіль керування клапаном; 5 – запобіжна чека; 6 – насадка-розпилювач;
- в) – вогнегасник порошковий ВП-1Б:** 1 – корпус; 2 – балончик; 3 – сифонна трубка; 4 – насадка-розпилювач; 5 – пускова кнопка; 6 – запобіжна чека; 7 – важіль керування клапаном; 8 – ручка

Вуглекислотно-брометилові вогнегасники (ВВБ-7) призначені для гасіння невеликих осередків горіння волокнистих та інших твердих матеріалів, а також електроустаткування.

Зверніть увагу! До *недоліків* вуглекислотно-брометилових вогнегасників відносять токсичність парів бромистого етилу, а також здатність останнього створювати суміші з повітрям у вибухонебезпечних концентраціях.

Вибір типу й визначення необхідної кількості вогнегасників для оснащення приміщень виконують відповідно до Правил пожежної безпеки в

Україні з урахуванням їх вогнегасної спроможності, граничної захищувальної площі, категорії приміщень за вибухопожежною та пожежною небезпекою, а також класу можливої пожежі.

Придатність переносних і пересувних вогнегасників до гасіння пожеж різних класів та діапазон температур їх експлуатації наведено у таблиці 11.3.

Таблиця 11.3

Придатність вогнегасників до гасіння пожеж

Тип вогнегасника	Придатність до гасіння пожеж класів				Діапазон температур експлуатації, не менше
	A	B	C	D	
Порошковий	+	+	+	+	-20°C – +50°C, або -30°C – +50°C, або -40°C – +50°C, або -50°C – +50°C
Водопінний	+	+	-	-*	+5°C – +50°C, або 0°C – +50°C, або -10°C – +50°C, або -20°C – +50°C
Водопінний аерозольний	+	+	-	+	0°C – +50°C
Водяний	+	+**	-	-*	+5°C – +50°C, або 0°C – +50°C, або -10°C – +50°C, або -20°C – +50°C
Вуглекислотний	-	+	-	+	-20°C – +50°C

Примітка: знак «+» означає придатність вогнегасника для гасіння пожеж цього класу; «-» – непридатність; * – застосування, небезпечне для життя; ** – для водяних вогнегасників із зарядом води з домішками, що забезпечують гасіння пожеж класу B.

Громадські та адміністративно-побутові будинки на кожному поверсі повинні мати не менше двох переносних (порошкових, водопінних або водяних) вогнегасників з масою заряду вогнегасної речовини 5 кг і більше.

Слід передбачати по одному вуглекислотному вогнегасникові з величиною заряду вогнегасної речовини 3 кг та більше:

- на 20 м² площі підлоги у таких приміщеннях: офісні приміщення з ПЕОМ, комори, електрощитові, вентиляційні камери й інші технічні приміщення;
- на 50 м² площі підлоги приміщень архівів, машзалів, бібліотек, музеїв.

Переносні вогнегасники розміщують шляхом навішування за допомогою кронштейнів на вертикальні конструкції на висоті, не більшій ніж 1,5 м від рівня підлоги до нижнього торця вогнегасника, і на відстані від дверей, достатній для їх повного відчинення, або встановлюють у пожежні шафи пожежних кранів, на пожежні щити чи стенди, підставки чи спеціальні тумби.

Розміщення вогнегасників за допомогою кронштейнів на вертикальні конструкції, установлення їх у пожежних шафах або тумбах має бути виконано таким чином, щоб забезпечувати можливість прочитування маркувальних написів на їх корпусах.

Зверніть увагу! Вогнегасники слід розміщувати у легкодоступних і помітних місцях, а також поблизу місць, де найбільш імовірна поява осередків пожежі. При цьому необхідно забезпечити їх захист від дії сонячних променів, опалювальних та нагрівальних приладів, а також хімічно агресивних

речовин (середовищ), які можуть негативно вплинути на їх працездатність.

Відстань між місцями розташування вогнегасників не повинна перевищувати:

Ø 15 м – для приміщень категорій А, Б, В.

Ø 20 м – для приміщень категорій В, Г, а також для громадських будівель і споруд.

NON MULTA, SED MULTUM

На транспортних засобах переносні вогнегасники розміщують у кабіні біля водія в легкодоступному для нього місці й установлюють за допомогою кронштейнів. Конструкція кронштейна згідно з ГОСТ 12.2.037-78 повинна надійно утримувати вогнегасник, не закривати своїми елементами маркувальні написи на його корпусі, бути зручною для встановлення та оперативного зняття. Вогнегасники, котрі розміщують поза кабіною, потрібно захищати від впливу атмосферних опадів, сонячних променів і бруду. Згідно з НАПБ В.01.054-98/510 забороняється зберігання вогнегасника в багажнику легкового автомобіля, кузові вантажного автомобіля та інших місцях, доступ до яких обмежений.

Зверніть увагу! Вогнегасники, які розміщуються поза межами приміщень або в неопалювальних приміщеннях і не призначені для експлуатації за температури, нижчої ніж 5°C, на холодний період року необхідно переносити в придатне для їх зберігання приміщення. У таких випадках на пожежних щитах та стендах повинна розміщуватись інформація про місце розташування вогнегасників.

У приміщеннях, у яких немає постійного перебування працівників, вогнегасники слід розміщувати ззовні приміщень або біля входу до них.

NON MULTA, SED MULTUM

Будинки та споруди, котрі зводяться та реконструюються, повинні бути забезпечені первинними засобами пожежогасіння з розрахунку:

- на 200 м² площі підлоги – один вогнегасник (якщо площа поверху менша за 200 м² – два вогнегасники на поверх), бочка з водою, ящик з піском;

- на кожні 20 м довжини риштування (на поверхах) – один вогнегасник (але не менше двох на поверсі), а на кожні 100 м довжини риштування – бочка з водою;

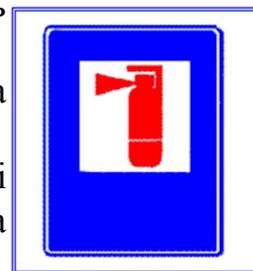
- на 200 м² площі покриття з утеплювачем та покрівлями з горючих матеріалів груп горючості Г3, Г4 згідно з ДБН В.1.1-7-2016 «Захист від пожежі. Пожежна безпека об'єктів будівництва» – один вогнегасник, бочка з водою, ящик з піском.

Указані місця повинні оснащуватися вогнегасниками водяними чи водопінними місткістю 10 кг або порошковими місткістю, не меншою ніж 5 кг, згідно з ДСТУ 3675-98 «Пожежна техніка. Вогнегасники переносні. Загальні технічні вимоги та методи випробувань».

Підходи до місця розташування вогнегасників мають бути завжди вільними.

Для зазначення місцезнаходження вогнегасників на об'єктах повинні встановлюватися вказівні знаки.

Знаки розташовують на видних місцях на висоті 2,0...2,5 м від рівня підлоги як усередині, так і поза приміщеннями.



До пересувних пожежних засобів належать пожежні машини, поїзди, катери, літаки, танки, а також пожежні автонасоси та мотопомпи.

Стаціонарні установки пожежогасіння являють собою апарати, трубопроводи й обладнання, які встановлені на постійних місцях і призначені для подачі вогнегасних речовин до місць займання.

Стаціонарні установки поділяються на автоматичні, напіваавтоматичні та ручні.

Зверніть увагу! Як вогнегасна речовина в стаціонарних установках пожежогасіння застосовується вода, піна, порошки, газові та аерозольні вогнегасні речовини.

Автоматична система для гасіння пожежі – сукупність стаціонарно встановлених спеціальних технічних засобів пожежогасіння, які гасять осередки спалаху за рахунок спеціальної речовини.

Автоматичні установки призначені:

- Ø для виявлення осередку пожежі;
- Ø для забезпечення подачі та випуску вогнегасної речовини;
- Ø для оповіщення про пожежу.

Автоматичні системи пожежогасіння класифікують за типом вогнегасної речовини:

- Ø газове пожежогасіння, у системах застосовують аргон, хладон (23, 125, 218, 227e, 318ц), азот, CO₂ і т.д;
- Ø водяна система пожежогасіння (вода, водяна пара), пінне і водно-пінне автоматичне пожежогасіння, системи тонкодисперсного розпилення води;
- Ø системи порошкового пожежогасіння;
- Ø аерозольні автоматичні системи пожежогасіння;
- Ø комбіновані автоматичні системи пожежогасіння.

До автоматичних установок гасіння пожеж розпиленою водою відносять *спринклерні та дренчерні установки*.

Спринклерні установки (рис. 11.5, а) можуть бути трьох видів:

- Ø водяні використовуються у приміщеннях з мінімальною температурою повітря 5 °C і вище;
- Ø водоповітряні;
- Ø повітряні використовуються для неопалюваних приміщень.

NON MULTA, SED MULTUM

Установка водяної системи складається з мережі трубопроводів, заповнених водою під тиском, на яких розташовані спринклери (зрошувачі) з таким розрахунком, щоб кожним зрошувалося 9...12 м² площі підлоги захищуваного приміщення. Вихідні отвори у спринклерній головці звичайно закриті легкоплавким замком. При підвищенні температури він плавиться, звільнюється скляний клапан і відкривається вихід воді. Сплав для з'єднання пластинок замка розраховують на температуру плавлення 72, 92, 141 та 182 °C. Як тільки відкривається хоча б один спринклер, то відразу автоматично подається сигнал тривоги пристроями оповіщення.

Зверніть увагу! У спринклерних установках спрацьовують лише ті зрошувачі, що знаходяться в зоні високої температури (в осередку пожежі), крім того, вони характеризуються досить високою інерційністю – спрацьовують лише через 2...3 хв від моменту підвищення температури у приміщенні.

Дренчерні установки (рис. 11.5, б) – установки групової дії, в яких на трубопроводах, змонтованих під перекриттям, установлюють дренчери (спринклерні головки без замків) з відкритими вихідними отворами для води. Звичайно вихід води у мережу закритий клапаном групової дії. Установка має комбіноване управління: автоматичне і ручне.

Зверніть увагу! Дренчерні установки групової дії використовують як водяні завіси з дистанційним або ручним управлінням для захисту прорізів (дверних, віконних), а також для розділення приміщень, щоб локалізувати осередок пожежі.

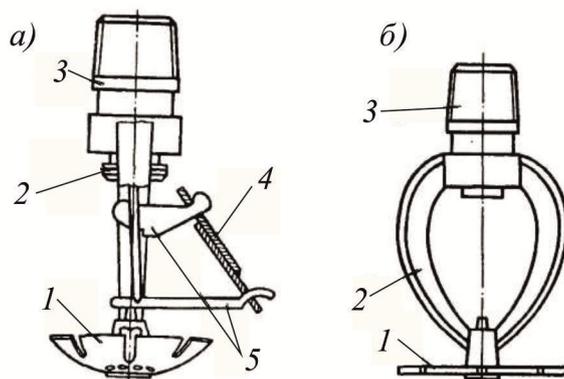


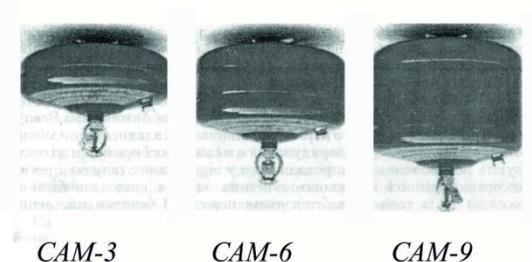
Рис. 11.5. Зрошувачі:

а) спринклерний: 1 – розетка; 2 – клапан; 3 – штуцер; 4 – легкоплавкий замок;
5 – важіль керування клапаном;

б) дренчерний: 1 – розетка; 2 – утримуючі дужки; 3 – штуцер

Модульні установки пожежегасіння (ПУМА-12П, САМ) – стаціонарні нетрубопровідні автоматичні установки пожежегасіння, які передбачають розміщення ємності з вогнегасною речовиною та пусковим пристроєм безпосередньо в захищуваному приміщенні. При досягненні температури в зоні встановлення апарату відбувається викид вогнегасної речовини (порошку) і ліквідація займання у захищуваному об'ємі.

Зверніть увагу! Приміщення, обладнані автоматичними стаціонарними установками пожежегасіння, забезпечуються вогнегасниками на 50%, виходячи з їх розрахункової кількості.



САМ-3

САМ-6

САМ-9

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Балтренас П.Б. Обеспылевание воздуха на предприятиях стройматериалов / П. Б. Балтренас. – М.: Стройиздат, 1990. – 184 с.
2. Бергельсон В. Н. Электробезопасность в строительстве / В. Н. Бергельсон, Л. И. Бржезицкий. – 2-е изд., перераб. и доп. – К.: Будівельник, 1987. – 208 с.
3. Варення Г.А. Секретний код, або Як підвищити ефективність функціонування системи охорони праці / Г.А. Варення. – К.: Основа, 2009. – 364 с.
4. Гандзюк М.П. Основи охорони праці / М.П. Гандзюк, Є.П. Желібо, М.О. Халімовський. – К.: Каравела, 2004. – 408 с.
5. Геврик Є.О. Гігієна праці на виробництві: Навчальний посібник для студентів вищих навчальних закладів / Є.О. Геврик, Н.П. Пешко. – К.: Ельга, Ніка-Центр, 2004. – 280 с.
6. Гогіташвілі Г. Г. Управління охороною праці та ризиком за міжнародними стандартами: навч. посіб. / Г. Г. Гогіташвілі, Є.-Т. Карчевські, В. М. Лапін. – К.: Знання, 2007. – 367 с.
7. Денисенко Г. Ф. Охрана труда: [учеб. пособие для инж.-экон. спец. вузов] / Г. Ф. Денисенко. – М.: Высш. шк., 1985. – 319 с.
8. Дикань С.А. Безпека людини [Текст]: підручник для студ.вищ.закл. / С. А. Дикань, І. О. Іваницька. – Полтава: ТОВ «АСМІ», 2019. – 279 с.
9. Желібо Є.П. Безпека життєдіяльності [Текст]: навчальний посібник для студентів ВЗО / Є.П. Желібо, Н.М. Заверуха, В.В. Зацарний. – К., 2005. – 320 с.
10. Жидецький В.Ц. Основи охорони праці: підручник / В.Ц. Жидецький. – Львів: Афіша, 2002. – 320 с.
11. Захист від пожежі. Пожежна безпека об'єктів будівництва: ДБН В.1.1.7–2002. – [Чинний від 2003-05-01]. – К.: Держбуд України, 2003. – 80 с. (Державні будівельні норми України).
12. ISO 14001:2015 «Системи екологічного менеджмента – вимоги і настанови до виконання» [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.certification.ua/wp-content/uploads/2018/03/iso-14001-2015-rus.pdf>.
13. ISO 45001:2018 «Системи менеджмента охорони здоров'я і безпеки праці – Вимоги і рекомендації до виконання» (замість OHSAS 18001:2007) [Електронний ресурс]. – Режим доступу: [https://pqm-online.com/assets/files/pubs/translations/std/iso-45001-2018-\(rus\).pdf](https://pqm-online.com/assets/files/pubs/translations/std/iso-45001-2018-(rus).pdf).
14. Інженерне обладнання будинків і споруд. Улаштування блискавкозахисту будівель і споруд (ІЕС 62305:2006, NEQ): ДСТУ Б В.2.5-387:2008. – [Чинний від 2009-01-01]. – К.: Мінрегіонбуд України, 2009. – 62 с. – (Національний стандарт України).

15. Інженерне обладнання будинків і споруд. Природне і штучне освітлення: ДБН В.2.5-28-2006. – [Чинний від 2006-10-01].– К.: Мінбуд України, 2006. – 76 с. – (Державні будівельні норми України).
16. Максименко Г. Т. Техника безопасности при применении пожароопасных, взрывоопасных и токсичных материалов / Г.Т. Максименко, В. М. Покровский. – К.: Будівельник, 1982. – 144 с.
17. Правила пожежної безпеки України: НАПБ А.01.001-2014. – [Чинний від 05.03.2015]. - К.: МНС України, 2015. – 86 с. – (Нормативний акт пожежної безпеки).
18. Рожков А. П. Пожежна безпека: навчальний посібник для студентів вищих закладів освіти України / А. П. Рожков. – К.: Пожінформтехніка, 1999. – 256 с.
19. Ройтман М. Я. Противопожарное нормирование в строительстве / М. Я. Ройтман. – М.: Стройиздат, 1985. – 590 с.
20. Смирнов В.А. Безпека життєдіяльності [Текст]: навч. посібник / В.А. Смирнов, С. А. Дикань. – К. : Кафедра. 2012. – 304 с.
21. Смирнов В.А. Безпека життєдіяльності: університетський курс [Опорний конспект із розгорнутими тестовими завданнями для студентів усіх спеціальностей] / В. А. Смирнов, С. А. Дикань. – Полтава : ПолтНТУ, 2008. – 304 с.
22. Смирнов В.А. Безпека невиробничої діяльності [Навчальний посібник] / В. А. Смирнов, С. А. Дикань, Р. І. Пахомов. – К. : Освіта України, 2011. – 304 с.
23. Смирнов В.А. Цивільний захист [Навч. посібник] / В.А. Смирнов, С.А. Дикань. – К. : Кафедра, 2013. – 300 с.

Навчально-методичне видання

Пахомов Роман Іванович,
Зима Олександр Євгенійович,
Редкін Олександр Васильович

**КУРС ЛЕКЦІЙ З ДИСЦИПЛІНИ
«БЕЗПЕКА ЛЮДИНИ»**

для студентів усіх спеціальностей і форм навчання
Модуль 2. «Основи охорони праці»

Комп'ютерна верстка Р. І. Пахомов
Коректор І. Л. Петренко

Друк RISO
Обл.-вид. арк. 12,3

Поліграфічний центр
Національного університету
«Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка»
36601, м. Полтава, Першотравневий проспект, 24
Свідоцтво внесення суб'єкта видавничої справи
до Державного реєстру видавців, виготівників і розповсюджувачів
видавничої продукції
Серія ДК № 3130 від 06.03.2008

Віддруковано з оригінал-макета ПЦ
Національного університету імені Юрія Кондратюка