

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ УКРАЇНИ
ВІННИЦЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**

Є.А. Бондаренко

ОХОРОНА ПРАЦІ

Вінниця ВДТУ 1998

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ УКРАЇНИ
ВІННИЦЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Є.А. Бондаренко

ОХОРОНА ПРАЦІ

Затверджено Ученою радою Вінницького
державного технічного університету
як навчальний посібник для студентів старших курсів

НТБ ВНТУ



2977-12

658.382.3(075 Б 81 1998

Бондаренко Є.А. Охорона праці

Вінниця ВДТУ 1998

Охорона праці : Навчальний посібник для вузів
/Є.А. Бондаренко. Охорона праці -В.: ВДТУ, 1998. 92 с.,
Укр. мовою/.

У посібнику викладені основні аспекти правових та організаційних основ охорони праці в Україні, принципи нормування шкідливих і небезпечних виробничих факторів, заходи та засоби, що забезпечують безпеку людини у процесі праці. Посібник розрахований на студентів старших курсів вищих навчальних закладів.

Рецензенти:

М.А. Кліменко, проф. кафедри "Менеджменту та охорони праці в будівництві";

О.В. Кобилянський, к.т.н., доцент кафедри "Менеджменту та охорони праці в будівництві";

А.К. Пастушенко, начальник виробничо-технологічного відділу Південно-Західного диспетчерського центру.



Розділ 1.

Загальні положення. Правові та організаційні основи охорони праці

1.1 Предмет та зміст курсу. Основні терміни та визначення

Для задоволення матеріальних та духовних потреб людини необхідно працювати. В процесі праці людина взаємодіє з засобами виробництва, з виробничим середовищем та з предметами праці. При цьому вона, як правило, піддається впливу великого числа факторів, різних по своїй природі, формах проявлення та характеру дії, які впливають на здоров'я та працездатність людини.

Виробничі фактори, залежно від наслідків до яких може привести їх дія, прийнято підрозділяти на небезпечні та шкідливі.

Небезпечний виробничий фактор - фактор, вплив якого у визначених умовах приводить до травми або різкого погіршення здоров'я працюючого.

Шкідливий виробничий фактор - фактор, вплив якого у визначених умовах приводить до захворювання або зниження працездатності працюючого.

В залежності від рівня та тривалості впливу шкідливий фактор може стати небезпечним. По природі дії на організм людини небезпечні та шкідливі виробничі фактори підрозділяються на чотири групи:

фізичні, хімічні, біологічні та психофізіологічні.

До **фізичних** небезпечних та шкідливих виробничих факторів відносяться фактори, що характеризують технологічний процес (рухомі машини та механізми, рухомі частини обладнання, вироби, заготовки та матеріали, гострі кромки, які пересуваються, рухаються; підвищена або знижена температура поверхні обладнання або матеріалів; підвищене значення електричної напруги, підвищений рівень статичної електрики), та фактори, що характеризують повітря виробничих приміщень (підвищена запиленість та загазованість повітря робочої зони, метеорологічні умови, підвищений рівень шуму, ультразвукових коливань, вібрації на робочому місці, недостатня освітленість робочої зони і т.п.).

Хімічні небезпечні та шкідливі виробничі фактори підрозділяються

- по характеру впливу на людину на: токсичні (викликають отруєння організму), дратівні, сенсibiliзуючі (викликають алергію), канцерогенні (викликають злоякісні утворення), мутагенні (впливають на спадковість), репродуктивні функції;

- по шляху проникнення в організм людини: проникаючі через органи дихання, шлунковокишковий тракт, шкіру та слизисті оболонки.

Біологічні небезпечні та шкідливі виробничі фактори містять: мікроорганізми (бактерії, віруси та інші) та продукти їх життєдіяльності, макроорганізми (рослини та тварини).

Психофізіологічні - фізичні та нерво - психічні перевантаження.

(Повний перелік небезпечних та шкідливих виробничих факторів дається у [4]).

Охорона праці - система правових, соціально-економічних, організаційних, технічних, гігієнічних та лікувально - профілактичних заходів та засобів, спрямованих на забезпечення збереження здоров'я та працездатності людини в процесі праці.

Дисципліна охорони праці - комплексна дисципліна. Вона містить:

1) **Правові та організаційні аспекти охорони праці** (законодавство з охорони праці).

2) **Виробничу санітарію:**

а) оздоровлення повітря робочого середовища (мікроклімат, запиленість, вентиляція); б) освітлення виробничих приміщень; в) шум; г) вібрація; д) іонізуючі випромінювання.

3) **Техніку безпеки:**

а) електробезпека; б) безпека експлуатації герметичних систем, що знаходяться під тиском; в) безпека експлуатації пристроїв, машин та механізмів.

4) **Пожежну безпеку.**

Виробнича санітарія - система організаційних заходів та технічних засобів, що запобігають впливу на працюючого шкідливих виробничих факторів.

Техніка безпеки - система організаційних заходів та технічних засобів, що запобігають впливу на працюючого небезпечних виробничих факторів.

Пожежна безпека - система організаційних заходів та технічних засобів, які запобігають виникненню пожеж та захищають від них.

Мета курсу охорони праці - навчити як запобігти (виключити) дії небезпечних та шкідливих виробничих факторів на працюючих або знизити їх значення до нормованих.

1.2. Правові та організаційні основи охорони праці

Правові основи охорони праці

Основними законодавчими актами з охорони праці є:
Конституція України;
Кодекс законів про працю України;
Закон України про охорону праці;
нормативні документи з охорони праці.

Держава турбується про поліпшення умов з охорони праці, гарантує працюючим право на відпочинок, охорону здоров'я. Закріпила за громадянами право на матеріальне забезпечення в старості, у випадку хвороби, втрати працездатності.

Згідно Кодексу законів про працю забезпечення здорових та безпечних умов праці покладається на адміністрацію підприємств, установ, організацій. Вона повинна забезпечувати надійне технічне обладнання всіх робочих місць та створити на них умови праці, які відповідають правилам та нормам охорони праці.

Закон України визначає основні положення, що відносяться до реалізації конституційного права громадян на охорону праці та здоров'я у процесі праці, регулює за участю відповідних державних органів стосунки між організацією (власником) та працівником з питань безпеки, гігієни праці і виробничого середовища, устанавлює порядок організації охорони праці в Україні.

Деталізовані та конкретизовані вимоги з охорони праці викладені у Правилах та Нормах, які є обов'язковими для всіх підприємств та організацій незалежно від їх відомчого підпорядкування. До міжгалузевих правил та норм по охороні праці відноситься: "Система стандартів безпеки праці (ССБП)", "Правила влаштування електроустановок (ПВЕ)", "Правила техніки безпеки (ПТБ)", "Будівельні норми і правила (БНП)", "Санітарні норми (СН)" та інші.

Організаційні аспекти охорони праці

Відповідальність за організацію охорони праці на підприємстві несе керівник, головні фахівці, керівники цехів, дільниць, майстри. Адміністрація підприємства повинна: забезпечити безпечні умови праці працюючих; організовувати та проводити інструктажі, навчання працівників охорони праці; організувати роботу по професійному відбору на робочі місця; здійснювати контроль за роботою по охороні праці.

Організація роботи по охороні праці проводиться службою охорони праці. Вид служби охорони праці, чисельність її співробітників залежить від кількості працюючих на підприємстві. На великих підприємствах є відділ з охорони праці, на більш дрібних - бюро (2-3 чол.), інженер з охорони праці. На підприємствах виробничої сфери з кількістю працюючих менше 50 чоловік функції цієї служби можуть виконувати в порядку сумісництва особи, які мають відповідну підготовку.

В обов'язки служби охорони праці входить: розробка заходів, які запобігають виникненню нещасних випадків, та попереджують захворювання; заборона роботи, у випадку порушення правил та норм по охороні праці, на відповідних ділянках; навчання працюючих охороні праці.

Навчання працюючих охороні праці

Навчання охороні праці на виробництві складається з:

- курсового (по спеціальній програмі);
- виробничого (в учбових лабораторіях, майстернях під керівництвом майстра);
- через інструктажі з охорони праці.

По характеру та часу проведення інструктажі підрозділяються на: вступні, первинні, повторні, позапланові та цільові.

Вступний інструктаж проводиться зі всіма, що приймаються на роботу, проходять виробниче навчання, практику, з відрядженими.

Первинний - на робітничому місці з усіма прийнятими на підприємство, що виконують нову роботу, переведеними з одного підрозділу в інший підрозділ (проводить керівник робіт).

Повторний - проходять всі працюючі не рідше чим через шість місяців, а з підвищеними умовами небезпеки - один раз у квартал.

Позаплановий - проводиться для всього персоналу при змінах правил з охорони праці, технологічного процесу, заміни обладнання, вихідної сировини, при перервах у роботі більше ніж два місяці, та інших факторів, які впливають на безпеку праці.

Поточний - проводиться з працюючими перед проведенням робіт, на які оформляється наряд-допуск.

Допуск до роботи осіб, які не пройшли навчання, інструктаж і перевірку знань з охорони праці, забороняється.

1.3. Нагляд та контроль за станом охорони праці

За дотриманням правил та норм безпеки на виробництві встановлені: *державний; суспільний і відомчий нагляд та контроль.*

Державний нагляд встановлюється за дотриманням державних законодавчих та інших нормативних документів з охорони праці. Здійснює: комітет України по нагляду за охороною праці Міністерства охорони праці України; Державний комітет України з ядерної та радіаційної безпеки; органи державного пожежного нагляду управління пожежної охорони Міністерства внутрішніх справ України; органи та установи санітарно-епідеміологічної служби Міністерства охорони здоров'я України.

Органи державного контролю не залежать від яких-небудь господарчих органів, суспільних об'єднань, політичних формувань, місцевих державних адміністрацій та Рад народних депутатів, а діють згідно з положеннями, які затверджуються Кабінетом Міністрів України.

Інспектори мають право: безперешкодно у будь-який час відвідувати підприємства, які контролюють, зупиняти експлуатацію підприємств, окремих цехів, дільниць, які загрожують життю та здоров'ю людей, залучати до адміністративної та за наявності необхідних матеріалів через прокуратури до кримінальної відповідальності.

Суспільний контроль виконують трудові колективи через обраних уповноважених з питань охорони праці та профспілки в особі своїх обраних органів та представників. Ці органи мають право: перевіряти на

підприємствах, в установах та організаціях дотримування законодавства про працю, перевіряти знання з охорони праці, розслідувати нещасні випадки, контролювати виконання Правил, Норм, Інструкцій.

Відомчий контроль здійснює Міністерство на підзвітних йому підприємствах.

Вищий нагляд за дотримуванням та правильним використанням законів з охорони праці покладено на Генерального прокурора України та підлеглих йому прокурорів.

Згідно з Кодексом законів про працю України за порушення законодавства про працю, правил, норм та інструкцій з охорони праці, передбачені такі види відповідальності:

- дисциплінарна - зауваження, догана, звільнення;
- адміністративна - накладення штрафу інспекторами державного нагляду;
- кримінальна - вноситься за рішенням суду на осіб, з вини яких міг або виник нещасний випадок.

1.4. Розслідування та облік нещасних випадків

Нещасним випадком на виробництві називається випадок впливу на працюючого небезпечного виробничого фактора. Розслідування та облік нещасних випадків на виробництві проводять згідно "Положення про розслідування та облік нещасних випадків, професійних захворювань і аварій на підприємствах, в установах і організаціях".

Розслідуванню підлягають нещасні випадки, які трапились: на території підприємства, поза територією при виконанні робіт по завданню підприємства, а також при слідуванні на роботу або з роботи. При нещасних випадках адміністрація підприємства створює комісію.

Нещасні випадки пов'язані з виробництвом згідно з "Положенням про розслідування нещасних випадків та аварій" оформляються актом за формою Н-1, для учнів та студентів за формою Н-2. Нещасний випадок підлягає розслідуванню, якщо працюючий згідно з медичним висновком втратив працездатність на один та більше днів, а також при необхідності переведення його на більш легку роботу терміном не менше, ніж на один день.

Акти за формою Н-1 та Н-2 складає комісія у складі: керівника служби охорони праці підприємства (голова), керівника структурного підрозділу, представника проф-

спількової організації (при отруєннях фахівці санепідстанції).

Комісія повинна протягом 24 годин розслідувати обставини та причини нещасних випадків, скласти акт за формою Н-1, оформити його у 3-х денний термін в 5-ти примірниках, протягом доби керівник підприємства повинен затвердити 5 примірників акта, які розсилаються: потерпілому, начальнику цеха або іншого структурного підрозділу, інспектору з охорони праці, профорганізації підприємства, керівнику.

Акт Н-1 у відділі охорони праці зберігається 45 років.

Спеціальне розслідування

Спеціальне розслідування проводиться при групових (декілька потерпілих), тяжких чи смертельних нещасних випадках. При груповому нещасному випадку акт за формою Н-1 або Н-2 складається на кожного потерпілого окремо. Окрім актів за формою Н-1 або Н-2, у разі спеціального розслідування, складається акт під керівництвом державного технічного інспектора з охорони праці. У цьому випадку комісія призначається наказом керівника територіального органу державного нагляду з угодою відповідних організацій у складі: працівника держнагляду (голова), керівника підприємства, представника органу, до сфери управління якого належить підприємство; представника профспілкової організації підприємства; фахівця санепідстанції.

Спеціальне розслідування нещасних випадків проводиться протягом 10 днів. В 5-ти денний термін після розслідування матеріал розсилається в прокуратуру, держнагляд та санепідстанцію. Перший екземпляр залишається на підприємстві.

1.5. Профілактика травматизму

Причини виробничого травматизму підрозділяються на:
- організаційні, які залежать від рівня організації праці на підприємстві (порушення технологічного процесу, правил експлуатації обладнання, порушення норм та правил планово попереджувального ремонту обладнання, відсутність або недосконалість огорож місць роботи, відсутність засобів індивідуального захисту і т.п.);

- механічні (конструктивні недоліки обладнання, недосконалість технологічних процесів, засобів сигналізації та блокувань, конструктивні недоліки інструментів і т.п.);
- санітарно-гігієнічні (несприятливі мікрокліматичні умови, підвищений рівень шуму, вібрації, ультразвуку, нерівномірне освітлення і т.п.);
- психофізіологічні (фізичні, нервово-емоційні перенапруги людини, нервово-психічні перевантаження людини).

Методи аналізу причин виробничого травматизму

Для виявлення причин та розробки заходів по попередженню травматизму (профзахворювань) і його зниженню, використовують такі основні методи: статистичний, топографічний, монографічний, груповий та економічний.

1) **Статистичний метод** - характеризує число та характер нещасних випадків (в цеху, на дільниці, підприємстві) за вказаний період часу.

Для оцінки стану травматизму користуються показниками: коефіцієнтом частоти $K_{\text{ч}}$ та коефіцієнтом важкості $K_{\text{в}}$.

$$K_{\text{ч}} = \frac{N}{P} \cdot 1000$$

де N - число нещасних випадків за конкретний період часу; P - число працюючих.

$$K_{\text{в}} = \frac{D}{N}$$

де D - число днів непрацездатності всіх постраждалих за певний період часу.

Показник загального травматизму

$$K_{\text{т}} = K_{\text{в}} \cdot K_{\text{ч}} = \frac{D}{P} \cdot 1000$$

Недолік: необхідно достатня кількість статистичних даних.

2) **Топографічний** - полягає у вивченні причин нещасних випадків за місцем, де вони сталися (нещасні випадки наносяться на карту підприємства).

Перевага: простота, наочність.

Недолік: не розкриває потенційних небезпек.

3) **Монографічний** - комплексно та детально вивчається весь комплекс умов праці, у яких стався нещасний випадок.

Перевага: дозволяє виявити як причини нещасного випадку, так і приховану небезпеку на ділянці, що вивчається.

Недолік: велика трудоемкість.

4) **Груповий** - досліджує причини нещасних випадків, які згруповано за однаковими ознаками: віком, статтю, часом травматизму і т.п.

5) **Економічний** - визначає втрати, викликані виробничим травматизмом.

Основний матеріал, який використовується у аналізі, береться з актів розслідувань нещасних випадків (форма Н-1).

Виробнича санітарія

2.1. Мікроклімат виробничих приміщень та його нормування

Мікроклімат виробничих приміщень - це сукупність параметрів повітря у виробничому приміщенні, які діють на людину у процесі праці на його робочому місці, у робочій зоні.

Робоча зона - територія постійного або тимчасового знаходження людини у процесі праці.

Робоче місце - частина простору робочої зони, обмежене по висоті 2 м від рівня підлоги.

До параметрів мікроклімату відносяться:

- 1) температура повітря T , °C;
- 2) відносна вологість ϕ , %;
- 3) швидкість руху повітря V , м/с.

Значні коливання параметрів мікроклімату можуть привести до порушення терморегуляції організму (здатність організму утримувати постійну температуру), що приводить до порушення системи кровообігу, загальної слабкості і т.п.

Нормування параметрів мікроклімату

здійснюється згідно [5]. Встановлені оптимальні та допустимі параметри мікроклімату.

Оптимальні - найбільш сприятливі (комфортні), які забезпечують роботу системи терморегуляції без напруги.

Допустимі - допускають напругу реакції терморегуляції організму у межах її пристосування без шкоди для здоров'я.

Параметри мікроклімату нормуються залежно від наступних факторів:

1) періоду року; 2) категорії важкості робіт по фізичному навантаженню; 3) виду робочого місця.

1. Період року :

а) теплий (середньодобова температура навколишнього повітря більше +10 °C);

б) холодний (середньодобова температура навколишнього повітря менше +10 °C).

2. Категорії важкості робіт по фізичним навантаженням та їх характеристика показані у таблиці 2.1.

Таблиця 2.1

Категорія робіт	Характеристика робіт	Енерговитрати, Дж/с
Легкі (I, а та I, б)	Робота виконується сидячи, стоячи чи пов'язана з ходьбою, але не вимагає систематичної фізичної напруги чи підняття або переносу тягаря	до 139 140 - 174
Середньої важкості (II, а)	Робота пов'язана з постійною ходьбою, виконуема сидячи або стоячи, але не вимагає переносу тягарів	175 - 232
Середньої важкості (II, б)	Робота пов'язана з ходьбою і переносом невеликих тягарів (до 10 кг)	233 - 290
Важкі	Робота пов'язана з постійним переносом або переміщенням значних тягарів (більше 10 кг)	більш 290

3. Вид робочого місця:

- а) постійне; б) непостійне.

2.2. Шкідливі речовини повітря робочої зони. Нормування

Шкідливі речовини - речовини, які при контакті з організмом людини, внаслідок порушення технологічного процесу, викликають професійні захворювання, виробничі травми або погіршення стану здоров'я. Шкідливі речовини в повітря робочої зони надходять у вигляді пару, газів та пилу. Вплив на організм людини залежить від хімічного складу, розміру (дисперсності), форми часток та їх кількості у одиниці об'єму. Найбільш небезпечний високодисперсний пил (розміром < 5 мкм), а також гострокрайовий пил. Високодисперсний пил найбільш глибоко проникає та затримується у легенях.

Згідно [5] - нормується гранично допустима концентрація (ГДК) шкідливих речовин у повітрі робочої зони.

ГДК у повітрі робочої зони - така кількість шкідливих речовин, яка при щоденній роботі протягом 8 г або іншої тривалості (40 годин у тиждень) протягом всього робочого стажу не може викликати захворювань або відхилень у стані здоров'я та не має впливу на здоров'я майбутніх поколінь.

За ступенем небезпеки всі шкідливі речовини діляться на 4 **класи небезпек**:

- 1) Надзвичайно небезпечні ГДК < 0,1 мг/м³ (свинець, ртуть);
- 2) Високо небезпечні ГДК 0,1 .. 1 мг/м³ (хлор, бром, йод);
- 3) Помірно небезпечні ГДК 1,1 .. 10 мг/м³ (оксид цинку);
- 4) Малонебезпечні ГДК > 10 мг/м³ (пари спирту, бензину, ацетону).

Повітря, що надходить у приміщення, повинно мати концентрацію менше 0,3 ГДК шкідливих речовин. У випадку одночасного утримання у повітрі робочої зони декількох шкідливих речовин одночасної дії повинна виконуватися умова

$$\sum_{i=1}^n \frac{C_i}{ПДК_i} \leq 1.$$

Контроль за концентрацією шкідливих речовин проводиться для

- 1 класу небезпеки - 1 раз у 10 днів;
- 2 - 1 раз у місяць;
- 3, 4 - 1 раз у квартал.

2.3. Вентиляція виробничих приміщень

Одним з ефективних засобів нормалізації повітря у приміщенні є вентиляція.

Вентиляція - повітрообмін, завдяки якому забруднене повітря виводиться з приміщення, а замість нього вводиться свіже зовнішнє або очищене повітря.

Задачі вентиляції - забезпечення чистоти повітря та заданих мікрокліматичних умов.

Вентиляція класифікується:

- 1) По засобу переміщення повітря розрізняють системи природної, штучної (механічної) та змішаної вентиляції.
- 2) По напрямку руху повітря - підрозділяються на припливну (повітря подається у приміщення), витяжну (забруднене повітря вилучається з приміщення) та припливно - витяжну.
- 3) В залежності від місця дії вентиляція може бути загальнообмінною (використовується коли шкідливі речовини рівномірно розміщуються у робочій зоні), місцевою (шкідливі речовини виділяються на декількох робочих місцях), локалізованою (шкідливі речовини виділяються на робочих місцях, розташованих одне біля одного) та комбінованою.

Загальнообмінна вентиляція забезпечує створення необхідного мікроклімату та чистоти повітряного середовища у всьому об'єму робочої зони. При місцевій вентиляції шкідливі речовини виводяться (або розчиняються шляхом подачі чистого повітря) безпосередньо від місць їх створення.

4) За призначенням вентиляція може бути робочою (використовується при нормальному режимі роботи технологічних процесів) та аварійною (використовується у випадку, якщо стався викид шкідливих речовин в наслідок аварії).

Вимоги до вентиляції:

- 1) Кількість припливного повітря у одиницю часу повинна відповідати кількості витяжного повітря.
- 2) Правильне розташування припливних та витяжних пристроїв. Свіже повітря подається на дільниці, де концентрація шкідливих речовин менше, а вилучається, де концентрація більше.
- 3) Вентиляція не повинна створювати перегрівання або охолодження працюючих.
- 4) Вентиляція має бути пожежовибухобезпечною.

2.3.1. Природна вентиляція

Здійснюється за рахунок різниці температур повітря у приміщенні та зовнішнього повітря (тепловий напір) або дії вітру (вітровий напір).

Природна вентиляція може бути організованою та неорганізованою.

Неорганізована природна вентиляція (провітрювання) здійснюється за рахунок витиснення зовнішнім холодним повітрям через вікна, щілини та двері внутрішнього теплого повітря. При неорганізованій природній вентиляції невідомі обсяги введеного та виведеного повітря з приміщення і повітрообмін залежить від випадкових факторів (напрямку та сили вітру, температури зовнішнього та внутрішнього повітря).

Організована природна вентиляція, при якій подачу та виведення повітря регулюють точно, згідно з зовнішніми метеорологічними умовами та у заздалегідь заданих об'ємах, називають **аерацією**.

Аерація здійснюється через спеціально передбачені отвори у зовнішніх огорожах з використанням природних

гравітаційних сил та вітру, які спонукають рух повітря. Вітрозахисні щити з прорізами створюють ліхтарі, що не задуваються, і які працюють на витяг при різних напрямленнях вітру.

У виробничому приміщенні внаслідок надходження тепла від обладнання, людей температура повітря як у зиму, так і у літню пору року виявляється вище температури зовнішнього повітря. Середній тиск повітря у приміщенні практично дорівнює тиску зовнішнього повітря, проте рівність тисків спостерігається тільки в якійсь визначеній горизонтальній площині, що лежить приблизно у середині висоти приміщення та називається *площиною рівних тисків* (рис. 2.1). Тиск на рівні цієї площини може бути прийнятим рівним нулю. Тоді тиск, що створюється стовпами повітря висотою від центру нижніх прорізів до площини рівних тисків, складає у середині приміщення $h_1\gamma$, а зовні $h_1\gamma$. Отже, на рівні центру нижніх прорізів створюється розрядження H_1 , завдяки якому повітря поступає у нижній проріз приміщення, а на рівні центру прорізів, розташованих вище площини рівних тисків, створюється тиск H_2 , викликаючи рух повітря з приміщення назовні. Внаслідок різниці тисків виникає повітрообмін з припливом повітря через нижні прорізи та витяжкою через верхні.

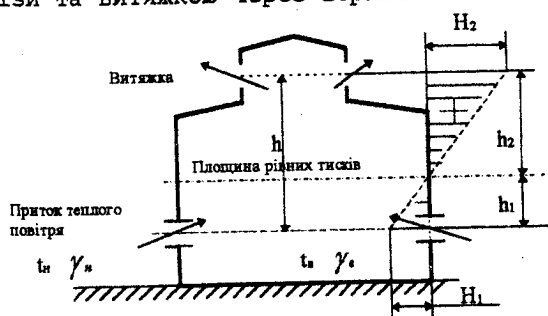


Рис. 2.1. Схеми розподілу тисків у будинку.

Тиск (тепловий напір) H_T , завдяки якому відбувається повітрообмін у приміщенні, дорівнює

$$H_m = H_1 + H_2 = h_1(\gamma' - \gamma'') + h_2(\gamma' - \gamma'') = h(\gamma' - \gamma''),$$

де γ' та γ'' — щільність зовнішнього та внутрішнього повітря відповідно, кг/м^3 ;

h - висота розташування пристрою для викиду повітря з цеху, м.

Обсяг повітря L , що подається або віддається через проріз, дорівнює

$$L = \mu F \gamma \cdot 3600 \quad (\text{м}^3/\text{т}),$$

де F - площа, прорізу, м^2 ;

μ - коефіцієнт витрат, який залежить від конструкції створок та кута їх розкриття. Для створних переплетень, відкритих на 90° , у середньому приймають $\mu = 0,65$, а відкритих на 30° - $\mu = 0,32$;

γ - щільність повітря, $\text{кг}/\text{м}^3$.

Ці вирази справедливі у випадку безвітряної погоди, або для будинків добре захищених від вітру. Якщо будинок обдувається вітром (рис. 2.2), то з підвітряної сторони створюється підвищений тиск, а на завітряної - знижений. Вітровий тиск при розрядженні H_v визначається співвідношенням

$$H_v = k \frac{v^2}{2g} \gamma, \quad \text{кгс}/\text{м}^2,$$

де k - аеродинамічний коефіцієнт, який залежить від конфігурації будинку.

Звичайно приймають до $k = 0,7 - 0,85$ на підвітряної сторони $0,3 - 0,45$ - на завітряної.

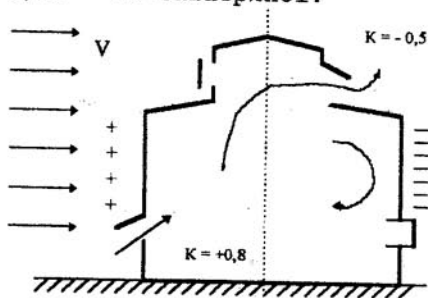


Рис. 2.2. Розподіл тисків у будинку при дії вітру

Нижня частина припливних аераційних прорізів для теплового періоду року повинна знаходитись на рівні не більш 1 м від площини підлоги, а для холодного - на рівні 4-6 метрів.

Аерація - основний вид вентиляції одноповерхових

виробничих будинків, раніш за все з теплонадлишками, не можна застосовувати аерацію у цехах, де є виділення шкідливих речовин, пил та штучний клімат.

При влаштуванні природної вентиляції у багатопверхових будинках прокладають витяжні канали у товщі стін або спеціальні витяжні шахти. З метою використання енергії вітру для збільшення природної (гравітаційної) тяги над витяжними каналами або шахтами установлюють спеціальні насадки, що називаються **дефлекторами** (рис. 2.3.). Труба (шахта) 1 для полегшення виходу повітря закінчується дифузором 2, до якого зверху залізними смугами 5 прикріплена кришка (зонт) та з боків - циліндричний кожух 3, який перешкоджає попаданню у повітряний канал атмосферних опадів. При обтіканні циліндричного ковпака вітром на 5/7 його кола створюється знижений тиск (розрядження), внаслідок чого у повітряному каналі збільшується тяга.

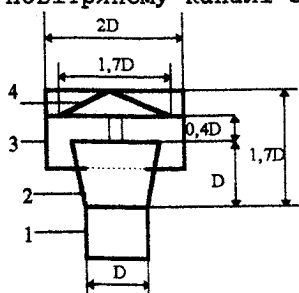


Рис. 2.3. Дефлектор типу ЦАП

- 1 - витяжна труба;
- 2 - дифузор;
- 3 - зовнішній циліндричний кожух;
- 4 - зонт дефлектора.

Основний параметр дефлектора - його діаметр.

Діаметр патрубка дефлектора орієнтовно визначається за формулою:

$$D = 0,0188 \sqrt{\frac{L_0}{0,4V}}$$

де L_0 - продуктивність дефлектора, $\text{м}^3/\text{г}$;

V - швидкість руху вітру, $\text{м}/\text{с}$.

Дефлектори слід установлювати не нижче 1 м над коником даху так, щоб вони повністю знаходились у зоні дії вітру та не загороджувались стінами сусідніх будинків та ін. Інакше напір не тільки не буде використовуватись, але і зовнішнє повітря через дефлектор буде поступати всередину приміщення.

Позитивні якості природної вентиляції - економічно вигідна. Негативні - залежить від погодних умов, зовнішнє повітря не завжди задовольняє необхідним вимогам.

2.3.2. Загальнообмінна механічна вентиляція

Механічна вентиляція має ряд переваг перед природною:

- повітря виводиться та подається у будь-яку частину приміщення;

- припливне повітря можна піддавати необхідній обробці (очищати, підігрівати у холодний період року або охолоджувати у теплий, зволожувати або підсушувати і т.п.), а повітря, яке виводиться, - очищати від забруднень;

- кількість повітря, що виводиться та подається, можна змінювати у будь-яких межах в залежності від технологічного процесу.

Механічна вентиляція здійснюється за рахунок різниці тисків, яка створюється за допомогою вентилятора.

Вентилятор - пристрій для переміщення повітря.

Для вентиляції цехів використовують у основному радіальні (центробіжні) та осьові вентилятори загальнопромислового призначення.

Осьовий вентилятор (рис. 2.4.) складається з робочого колеса - втулки з насадженими або привареними до неї лопастями (лопатками) 3, циліндричного кожуха 1 та електродвигуна 2.

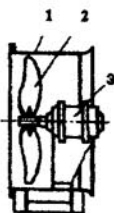


Рис. 2.4. Осьовий вентилятор:

1. корпус (труба);
2. двигун;
3. лопастне колесо.

Переваги осьових вентиляторів:

- простота конструкції;
- регулюється продуктивність (швидкість оборотів);
- реверсивність у роботі;
- велика продуктивність.

Недоліки:

- великий шум;
- створюють малий тиск.

Осьові вентилятори використовуються у системі припливно - витяжної вентиляції при коротких і пря-

молінійних повітроводах.

У радіальних (центробіжних) вентиляторах (рис. 2.5.) при обертанні лопатевого колеса 2, повітря всмоктується у вхідний отвір 1, попадає на лопатки колеса 2 та, змінюючи своє направлення на 90° , відкидається на стінки спірального кожуха 3. Викидається повітря через випускний отвір 4. Розмір вентилятора (його номер) визначається зовнішнім діаметром робочого колеса у дециметрах.

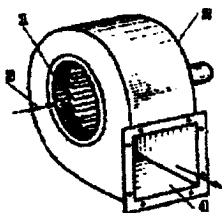


Рис. 2.5. Центробіжний вентилятор

1. Робоче колесо.
2. Спіральний корпус (равлик).
3. Вхідний отвір.
4. Випускний отвір.

Переваги центробіжних вентиляторів:

- створюють великі тиски.

Недоліки:

- мають складну конструкцію;
- мала працездатність;
- не реверсивні у роботі;
- мають великі розміри, створюють великий шум та вібрацію.

Центробіжні вентилятори використовуються при довгих та розгалужених повітроводах у системі вентиляції, тобто там, де треба переборювати великі опори мережі.

Радіальні вентилятори позначають першою літерою Ц, а осьові - О.

Розрізняють чотири основні схеми організації повітрообміну при загальнообмінній вентиляції: зверху вниз, зверху вгору, знизу вгору, знизу вниз (2.6).

Схеми зверху вниз (рис. 2.6а) забезпечують подачу повітря вгору та витяжку вниз (від підлоги) приміщення. В схемі зверху вгору (рис. 2.6 б) повітря подається та віддаляється у верхній зоні приміщення. Обидві схеми доцільно застосовувати у випадку, якщо приточне повітря має температуру нижче температури приміщення.

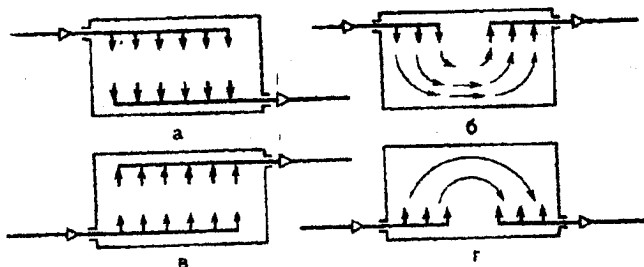


Рис. 2.6. Схеми подачі повітря при загальнообмінній вентиляції

Схема знизу вгору (рис. 2.6 в) передбачає подачу повітря у нижню зону, а віддалення з верхньої, схеми знизу вниз (рис. 2.5 г) – подачу та віддалення знизу приміщення. Ці дві схеми пропонується використовувати тоді, коли температура припливного повітря у холодний період року вище температури внутрішнього повітря.

Якщо у виробничому приміщенні виділяються пари або гази з щільністю, більшою щільності повітря (пари кислот, бензину, керосину і т.п.), то загальнообмінна вентиляція повинна забезпечити віддалення 60% з нижньої зони приміщення та 40% – з верхньої. Якщо щільність газів менше щільності повітря, віддалення забрудненого повітря відбувається у верхній зоні, а подача – безпосередньо у робочу зону.

Механічна вентиляція виконується у вигляді припливної, витяжної та припливно-витяжної (комбінована).

Припливна вентиляція (рис. 2.7.) забезпечує подачу чистого повітря у приміщення.

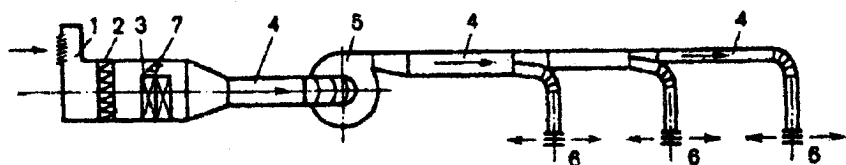


Рис. 2.7. Схеми припливної вентиляції

Схеми припливної вентиляції складається з повітряприймального пристрою у вигляді повітрязабірника чи шахти 1, фільтра для очищення повітря 2, кондиціонера 3, вентилятора 5, мережі повітроводів 4 та припливних патрубків з насадками 6. Якщо прилив повітря

не треба підігрівати, то його подають безпосередньо у приміщення по обвідному каналу завдяки дросельному клапану 7.

Витяжна вентиляція (рис.2.8) призначена для вилучення з приміщень нагрітого та забрудненого повітря.

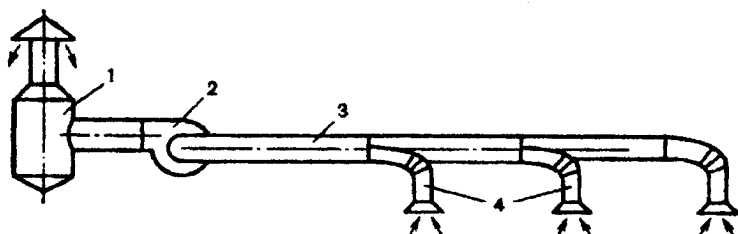


Рис. 2.8. Схема витяжної вентиляції

- 1- пристрій для очищення повітря; 2- вентилятор; 3- центральний повітрявод; 4- витяжні повітряводи.

Схема припливно-витяжної механічної вентиляції (рис. 2.9.), як правило, використовується у всіх виробничих приміщеннях, де потрібен особливо надійний повітрообмін. Найбільш широко поширена припливно-витяжна схема вентиляції з загальним припливом у робочу зону і місцевим відсмоктуванням шкідливих речовин з місць їх утворення.

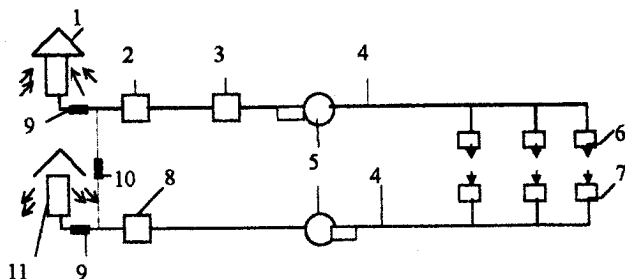


Рис. 2.9. Схема припливно-витяжної механічної вентиляції

- 1- повітрязабірник; 2 - повітрявод; 3 - фільтр-пилеуловлювач; 4 - кондиціонер; 5 - вентилятор; 6,7 - припливні витяжні насадки; 8 - очисні пристрої; 9,10 - дросельні клапани для регулювання кількості повітря та рециркуляції відповідно; 11- витяжні труби.

У холодний час року з метою економії тепла використовується рециркуляція повітря у системі припливно-витяжної вентиляції. При рециркуляції частина повітря, що вилучається з приміщення, після очищення від шкідливих

домішок знову повертається у приміщення.

Повітрязабираючі пристрої розміщують у місцях, де повітря не забруднене пилом або газами не нижче 2 м від рівня землі і не ближче 25 м по горизонталі від викидних шахт. 3, 4, 5 - встановлюються у одному приміщенні - вентиляційній камері. Через 6 повітря подається в ту частину приміщення, де концентрація шкідливих речовин менша, а виводиться через 7 - де більша. Припливне повітря повинно подаватися на робочі місця, як правило, розсіяним потоком, щоби швидкість руху його у робочій зоні не перевищувала 0,3-0,5 м/с. Шум та швидкість руху повітря не повинні перевищувати гранично допустимі значення.

2.3.4. Розрахунок необхідного повітрообміну при загальнообмінній вентиляції

Проводиться залежно від:

- наявності у повітрі робочої зони шкідливих речовин (газів, парів та пилу);
- наявності надлишку теплоти, вологи;
- кількості працюючих.

1. При виділенні парів та газів шкідливих речовин
необхідний повітрообмін L визначається за формулою:

$$L = \frac{G_{\text{шр}}}{q_1 - q_2}, \quad \text{м}^3/\text{год},$$

де

$G_{\text{шр}}$ - кількість шкідливих речовин, які виділяються в одиницю часу (мг/год);

q_1, q_2 - концентрація шкідливих речовин у повітрі, що виводиться та поступає у приміщення ($q_1 \leq \text{ГДК}$; $q_2 \leq 0,3 \text{ГДК}$).

2. При виділенні надлишків явної теплоти

$$L = \frac{36000 * Q_{\text{над}}}{c\rho(t_1 - t_2)}, \quad \text{м}^3/\text{год},$$

де

$Q_{\text{над}}$ - надлишки теплоти, які надходять у робочу зону; (кДж /с);

c - питома теплоємність повітря (кДж/кг град);

ρ - густина повітря, що подається у приміщення (кг/м³);

t_1 та t_2 - температура повітря, що виводиться та поступає (град).

3. При виділенні надлишків вологи

$$L = \frac{G}{(d_1 - d_2)}, \text{ м}^3/\text{год},$$

де

G - надмірна волога у приміщенні (кг/год);

d_1, d_2 - кількість вологи, що видаляється та надходить у приміщення (кг/м³).

4. Залежно від кількості працюючих

$$L = n \cdot L_1,$$

де

n - кількість працюючих;

L_1 - нормовані витрати повітря на одного працюючого.

У виробничих приміщеннях обчислювального центру повинна подаватись така кількість зовнішнього повітря:

- не менше 30 м³/год на людину при кубатурі приміщення до 20 м³ на одного працюючого;
- не менше 20 м³/год на людину при кубатурі приміщення від 20-40 м³ на одного працюючого при наявності вікон та відсутності виділення шкідливих речовин;
- не менше 60 м³/год на людину у виробничих приміщеннях без вікон.

Якщо у робочому приміщенні виділяються шкідливі речовини, вологість, теплота то розрахункове значення величини повітрообміну приймається найбільше.

5. По кратності повітрообміну

проводиться перевіірочний, приблизний розрахунок, згідно з яким

$$L = k \cdot V,$$

де k - кратність повітрообміну (1/год) вибирається з СН 245-71; V - об'єм приміщення (м³).

2.3.5. Місцева вентиляція

Місцева вентиляція призначена для вилучення шкідливих речовин та тепла безпосередньо з зони їх виділення. Вона може бути припливна та витяжна.

Місцева припливна вентиляція виконується у вигляді повітряних душ, та завіс.

Повітряні душі використовуються у гарячих цехах або у випадках, коли досягнення потрібних умов повітряного середовища пов'язано з переміщенням великих мас повітря. Повітряний душ складається з осьового вентилятора, встановленого на трубчастій стійці. При роботі вентилятор направляє потік зволоженого повітря безпосередньо на робочі місця. Повітряні душі використовують коли температура повітря на робочому місці перевищує $+30^{\circ}\text{C}$.

Повітряні завіси служать для попередження проникнення холодного повітря всередину приміщення при відкриванні зовнішніх дверей. Вони застосовуються у випадках, якщо зовнішні двері у цеху, складах і т.п. провідні або відкриваються частіше п'яти разів і відкриті не менше 40 хвилин у зміну при розрахунковій температурі зовнішнього повітря нижче -15°C .

Для створення повітряної завіси повітря підігрівається у вигляді плоского струменя на всю ширину та висоту дверей з каналу, що знаходиться внизу або з боків дверей. Повітря для завіси звичайно забирається з приміщення та підігрівається, щоб при змішуванні з зовнішнім повітрям температура суміші відрізнялась не більше ніж на $2-5^{\circ}\text{C}$ від температури повітря у приміщенні.

Місцева витяжна вентиляція виконується у вигляді місцевих відсмоктувачів. Даний засіб вилучення шкідливих речовин найбільш ефективний при пайці, експлуатації нагрівальних пристроїв, гальванічних ванн, фарбувальних апаратів і т.п.

Конструктивно місцеві відсмоктувачі виконують у вигляді витяжних зонтів, витяжних шаф та бортових відсмоктувачів (рис. 2.7.). Конструкція місцевого відсмоктувача повинна забезпечити максимальне уловлювання шкідливих виділень з мінімальними витратами повітря. У той же час вона не повинна загроможувати приміщення, заважати обслуговуючому персоналу працювати та наглядати за технологічним процесом.

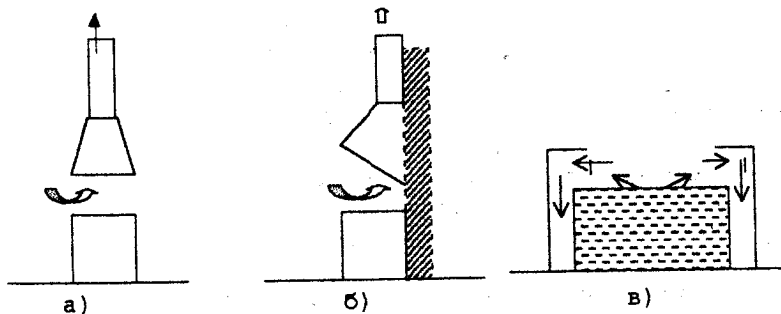


Рис. 2.10. Місцеві відсмоктувачі
 а - зонг; б - витяжна шафа; в - бортовий відсмоктувач.

Кількість вилученого повітря від місцевого відсмоктувача визначається за формулою

$$L = FV \cdot 3600, \text{ м}^3/\text{год},$$

де F - площа прорізів, м^2 ; V - мінімальна розрахункова швидкість у прорізі, $\text{м}/\text{с}$ (середня швидкість руху забрудненого повітря у перерізі зонга повинна бути від $0,75-0,9 \text{ м}/\text{с}$)

Виробниче освітлення

3. 1. Вплив освітлення на здоров'я та продуктивність праці людини

Близько 90% всієї інформації, що отримує людина, приходить на органи зору. Організація освітленості робочих місць грає велику роль у житті людини. Недостатнє та нерациональне освітлення веде до стомлення очей, розладу центральної нервової системи, зниження розумової та фізичної працездатності, а у ряді випадків може бути причиною травматизму (близько 5% травм приходить на частку нерационального та недостатнього освітлення). При недостатній чи швидко змінюваній освітленості органам зору приходить пристосовуватись, це можливо завдяки властивостям очей - акомодациї, адаптації та конвергенції.

Акомодация - це здатність очей пристосовуватись до ясного бачення предметів, що знаходяться від нього на різних відстанях. Це відбувається при зміні фокусної відстані кристаліка за рахунок напруги акомодациїних мускул. Якщо такі зміни відстані будуть відбуватись часто, то це може привести до зміни форми очного яблука.

Адаптація - це коли очі звикають до визначеного рівня освітленості при зміні умов освітлення. Відбувається завдяки зміні отвору у райдужній оболонці очей, тобто за рахунок напруги райдужних мускул.

Конвергенція - здатність очей при розгляданні 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. Так, якщо інтер'єр зафарбований у темний колір, то для створення достатньої 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 служити також надмірна блискучість поверхні оточуючих конструкцій. Блискучі поверхні створюють світлові блики, які викликають тимчасове осліплення. Нерівномірність ос-

вітлення та різна блискучість оточуючих предметів приводить до частой переадаптації очей під час роботи та як наслідок цього - до швидкого стомлення органів зору. Тому добре освітлені поверхні, що знаходяться в полі зору, краще зафарбовувати у кольори середньої освітленості.

Залежно від спектрального складу світлових потоків, які випромінюються джерелами світла, по різному сприймаються кольори оточуючих предметів. Тому при створенні комфортного кольорового клімату у виробничих приміщеннях поруч з правильним рішенням кольорового оточення велике значення має вибір найбільш раціональних джерел світла.

3.2. Основні світлотехнічні величини та поняття

Світло - це видима частина спектру електромагнітного випромінювання з довжиною хвилі від 380-760 нм. Падаючи на сітчасту оболонку очей, воно викликає зорове відчуття.

Світлотехнічні величини - показники, що визначають виробниче освітлення, основане на оцінці відчуттів, які виникають від впливу світлового випромінювання на очі.

Розрізняють енергетичні та фототехнічні показники, що характеризують освітлення виробничих приміщень.

Основні енергетичні світлотехнічні показники:

Світловий потік (Φ , лм) - потужність променистої енергії, яка оцінюється людським оком по світловому відчуттю. Світловий потік визначається не тільки як фізична величина, а й як фізіологічна, оскільки вимірювання її засновано на зоровому сприйманні.

Розподіл світлового потоку у просторі враховує сила світла.

Сила світла (I , кд) - відношення світлового потоку до тілесного кута ω , у межах якого він розповсюджується рівномірно.

$$I = \frac{\Phi}{\omega}$$

де $\omega = \frac{S}{R^2}$, (ст. рад) - характеризується відношенням площі поверхні, яка вирізається на сфері конусом з вершиною у центрі сфери, до квадрата її радіуса.

Освітленість (E , лк) - густина світлового потоку на поверхні, що освітлюється.

$$E = \Phi/S.$$

Яскравість (L , кд/м²) - густина сили світла на поверхні, що освітлюється у заданому напрямку.

$$L = I/S \cdot \cos \alpha,$$

де α - кут між напрямком світлових променів та нормаллю до поверхні.

До основних фототехнічних показників, що визначають умови зорової роботи, відносяться: фон, контраст між фоном, видимість, коефіцієнт пульсації освітленості та нерівномірності освітлення.

Фон - поверхня, безпосередньо прилегла до об'єкта розбіжності, на якій він розглядається. Характеристики фону визначаються коефіцієнтом відбиття ρ , що являє собою відношення світлового потоку, відбитого від поверхні, до світлового потоку, падаючого на дану поверхню

$$\rho = \Phi_{\text{від}}/\Phi_{\text{пад}}.$$

Фон вважається при:

$\rho < 0,2$ - темним;

ρ від 0,2 до 0,4 - середнім;

$\rho > 0,4$ - світлим.

Контраст об'єкта розбіжності з фоном (K) - відношення різниці між блискучістю об'єкта розбіжності L_0 та блискучістю фону L_ϕ до блискучості фону, на якому розглядається даний об'єкт.

$$K = |L_0 - L_\phi|/L_\phi$$

Контраст об'єкта розбіжності при значеннях:

K до $< 0,2$ - малий;

K від 0,2 - 0,5 - середній;

$K > 0,2$ - великий (об'єкт та фон різко відрізняються по блискучості).

Видимість (V) - здатність очей сприймати об'єкт при освітленості від 0,1 до 10^5 лк

$$V = K/K_{\text{гр}},$$

де K - контраст між об'єктом та фоном;

$K_{\text{гр}}$ - найменший контраст відрізнєння.

Висвітленість - підвищена яскравість світлої поверхні, що погіршує видимість об'єктів.

Коефіцієнт пульсації освітленості (K_p) - критерій оцінки відносної глибини коливань освітленості в наслідок зміни у часі світлового потоку газорозрядних ламп при живленні їх змінним струмом. Коефіцієнт пульсації освітленості визначають за формулою:

$$K_p = \frac{E_{\max} - E_{\min}}{2E_{\text{ср}}} * 100\%$$

де E_{\max} , E_{\min} , $E_{\text{ср}}$ - відповідно максимальне, мінімальне та середнє значення освітленості за період її коливань.

Коефіцієнт нерівномірності освітлення (Z) - визначається відношенням.

$$Z = \frac{E_{\max}}{E_{\min}}$$

Робоча поверхня - поверхня столу, верстату, частини обладнання, на якій здійснюється робота та нормується або вимірюється освітленість. Знаходиться частіше за все на висоті 0.8 м від рівня підлоги.

Об'єкт розрізнення - предмет, що розглядається, чи окрема його частина або дефект, що розрізняється (крапка, лінія, товщина шрифту літер і т.п.).

3.3. Класифікація видів та систем виробничого освітлення

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

Природне освітлення обумовлено прямими сонячними променями та розсіяним світлом небосхилу, змінюється залежно від географічної широти, ступеню хмарності, часу доби (від сотень частин люкс вночі до десятків тисяч люкс вдень).

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

Сумісне освітлення являє собою доповнення природного освітлення штучним в світлий час доби при недостатньому за нормами природному освітленні.

Природне освітлення підрозділяється на бокове - через світлові прорізи у зовнішніх стінах; верхнє - через ліхтарі та світлові прорізи у покритті, а також через прорізи у місцях перепаду висот будинку; комбіноване - освітлення, що сполучає бокове та верхнє природне.

Штучне освітлення по конструктивному виконанню є загальним та комбінованим. При загальному освітленні світильники розміщуються у верхній зоні приміщення (не нижче 2,5 м над підлогою) рівномірно (загальне рівномірне освітлення) або стосовно до розташування обладнання (загальне локалізоване освітлення).

Доповнення загального освітлення місцевим, світловий потік якого створюється від світильників встановлених безпосередньо на робочих місцях, називається комбінованим освітленням.

Місцеве освітлення застосовується тільки спільно з загальним освітленням.

За функціональним призначенням штучне освітлення підрозділяють на: робоче, аварійне, евакуаційне, охоронне та чергове.

Робоче називають освітлення приміщень будинків, а також дільниць відкритих просторів, призначених для роботи, проходу людей та руху транспорту.

Аварійне освітлення використовується для продовження роботи при аварійному відключенні робочого освітлення. Найменша освітленість робочої поверхні при аварійному режимі роботи повинна складати 5% освітленості, нормованої для робочого освітлення.

Евакуаційне освітлення передбачається для евакуації людей при аварійному відключенні робочого освітлення. Воно необхідне у проходах, на сходах, у виробничих приміщеннях, де працює більш 50 чоловік; у приміщеннях допоміжних будинків, де можуть одночасно знаходитись більше 100 чоловік. Найменша освітленість при евакуаційному освітленні на рівні підлоги основних проходів та на ступенях сходах - 0,5 лк. Світильники аварійного та евакуаційного освітлення підключаються до незалежного джерела живлення.

Охоронне освітлення передбачається вздовж межі території, що охороняється у нічний час. Освітленість має бути 0,5 лк на рівні землі у горизонтальній площині. Чергове освітлення приміщень використовується у неробочий час, при цьому включається частина світильників того або іншого виду освітлення.

Структурна схема класифікації видів та систем виробничого освітлення показана на рис. 3.1.



Рис. 3.1. Структурна схема класифікації видів та систем виробничого освітлення

3.4. Основні вимоги до виробничого освітлення

Задачу створення найкращих умов для бачення можна вирішити освітлювальною установкою, що відповідає наступним вимогам:

1. Освітленість на робочому місці повинна відповідати характеру зорової роботи, тобто не нижче встановлених норм.

$$E_{\text{фак}} = (0,9 - 1,2) E_n$$

Збільшення освітленості (до визначеної межі) збільшує продуктивність праці (оптимальна освітленість підвищує продуктивність праці на 15%). Подальше збільшення освітленості приводить до збільшення відбитої блискучості, що неприємно людському оку.

2. Необхідно забезпечити рівномірний розподіл блискучості на робочій поверхні, а також у межах оточуючого простору. Це враховується за допомогою коефіцієнта нерівномірності освітлення

$$Z = E_{\text{max}} / E_{\text{min}}$$

Нерівномірність освітлення у зоні розміщення робочих місць має бути: 1,5 для робіт I - III розряду зорових робіт при люмінесцентних лампах, 2 - при інших джерелах; 1,8 та 3 для робіт IV - VIII розрядів відповідно.

3. На робочій поверхні повинні бути відсутні різкі тіні, що спотворюють форму об'єктів розрізання, розміри. Ця умова забезпечується завдяки використанню світильників з світлорозсіяним матовим склом.

4. В полі зору повинна бути відсутня пряма та відбита блискучість, що приводить до погіршення видимості об'єктів. Для обмеження осліплюючої дії світильників загального освітлення (тобто прямої блискучості) їх підвішують на визначеній висоті над рівнем підлоги, або використовують освітлювальну арматуру з відповідним захисним кутом, або таку, що розсіює світло. Щоб обмежити відбиту блискучість, наприклад, при освітленні блискучої поверхні (глянцевий папір, екран дисплею та ін.) треба встановлювати світильники з регульованим направленням світлового потоку чи з розсіювачами світла.

5. Величина освітленості має бути постійною у часі. Для цього стабілізують напругу живлення, жорстко кріплять світильники, застосовують спеціальні схеми включення світильників.

6. Для створення правильної кольоропередачі необхідно обирати джерела світла зі спектром, близьким до природного.

7. Всі елементи освітлювальних установок не повинні створювати небезпечні та шкідливі виробничі фактори. Слід виключити або звести до мінімуму шум, теплові виділення, небезпеку поразки струмом, пожежо- та вибухо-небезпечність світильників.

8. З метою кращих для зору умов роботи кількість та якість освітлення слід пов'язати з кольоровим оточенням. Світле фарбування інтер'єру, завдяки збільшенню кількості відображеного світла, дозволяє збільшити рівень освітленості при тій же потужності світла. Окрім того, зменшуються різкі тіні, знижуються яркісні контрасти між світильниками та поверхнями, на яких вони розміщені.

9. Глибина пульсацій газорозрядних ламп, що живляться від мережі змінного струму, має бути обмежена.

Допустимий коефіцієнт пульсації не повинен перевищувати 10-20%.

10. Освітлювальні установки мають бути надійні, зручні, прості в експлуатації, економічні та естетичні.

3.5. Нормування освітлення

Вибір нормованих параметрів, проектування та розрахунків освітлення здійснюється згідно ВНІП ІІ-4-79 [15]. За цими правилами всі роботи розбиваються на 8 розрядів зорових робіт.

Розряд зорових робіт залежить від мінімального розміру об'єкта розглядання. Перші п'ять мають підрозряди (а, б, в, г), які визначаються фоном та контрастністю об'єкта з фоном.

Внаслідок того, що природне освітлення протягом дня та пори року змінюється, кількісна оцінка цього виду освітлення здійснюється в залежності від розряду зорових робіт по коефіцієнту природного освітлення (КПО, е).

КПО визначається відношенням (у відсотках) освітленості в даній точці у середині приміщення $E_{вн}$ до одночасно вимірної зовнішньої горизонтальної освітленості $E_{зов}$, що створюється світлом відкритого небухилу:

$$e = \frac{E_{вн}}{E_{зов}} * 100\%$$

Прийнято роздільне нормування КПО для бокового та верхнього освітлення. В приміщенні, що освітлюється тільки боковим світлом, нормується мінімальне значення КПО у межах робочої зони, яке має бути забезпечено у точках, найбільш віддалених від вікон. В приміщенні з верхнім або комбінованим освітленням нормується середнє значення КПО у межах робочої зони.

Нормоване значення КПО для будинків, розташованих у І-V поясах світлового клімату, визначаються за формулою:

$$e_{н}^{I,II,IV} = e_{н}^{III} \cdot m \cdot c,$$

де e_n^{III} - значення КПО для будинків, розташованих у III поясі світлового клімату; m - коефіцієнт світлового клімату, залежить від географічної широти місцевості; c - коефіцієнт сонячності клімату, залежить від орієнтації вікон відносно сторін світу.

Для штучного освітлення нормується абсолютне значення рівня освітленості на робочих поверхнях у виробничих приміщеннях, також залежно від розряду зорових робіт, фону, контрасту об'єкта з фоном та системи освітлення. Так для обчислювальних центрів величина штучного освітлення при виконанні робіт високої зорової точності (розряд III, підрозряд "г") при одному загальному освітленні повинна бути не нижче 200 лк.

При визначенні норми освітленості необхідно враховувати ряд умов, які викликають необхідність підвищення або зниження рівня освітленості. Норми освітленості слід підвищувати, наприклад, при виконанні робіт I-IV розряду, якщо напружена зорова робота виконується протягом всього робочого дня. В деяких випадках норму освітленості слід знижувати, наприклад, у приміщеннях де виконуються роботи малої та середньої точності, при короткочасному перебуванні людей.

3.6. Розрахунок природного освітлення

Основною задачею світлотехнічних розрахунків є: при природному освітленні - визначення площі світлових прорізів; при штучному - потужності електричної освітлювальної установки.

Розрахунок природного освітлення проводиться в два етапи.

На першому етапі здійснюється попередній розрахунок площі світлових прорізів. Для бокового природного освітлення потрібна площа світлових прорізів визначається за формулою:

$$100\% * \frac{S_n}{S_{\text{п}}} = \frac{e_n \cdot \eta \cdot K_{\text{ср}} \cdot K_1}{\tau_0 \cdot r_1}$$

де

S_n - площа світлових прорізів, м^2 ;

$S_{\text{п}}$ - площа підлоги приміщення, м^2 ;

e_n - нормативне значення КПО;

r_1 - коефіцієнт, який враховує вплив відбитого світла.

Цей коефіцієнт визначається з урахуванням геомет-

ричних розмірів приміщення, величини коефіцієнтів відбиття стелі, стін та підлоги;

τ_0 - загальний коефіцієнт світлопропускання, залежить від світлопропускаючого матеріалу вікна (втрати світла у склі), конструкції вікон, сонцезахисних сіток;

η - світлова характеристика вікон залежить від розмірів приміщення та вікон;

K_z - коефіцієнт запасу, залежить від концентрації пилу у приміщенні, періодичності їх очищення;

$K_{\text{буд}}$ - коефіцієнт, що враховує затінення вікон протилежними будинками.

На другому етапі розрахунку при обраних світлових прорізах визначають дійсне значення КПО у різних точках приміщення з використанням графічного методу по БНІП ІІ-4-79 [15].

3.7. Проектування та розрахунок штучного освітлення виробничих приміщень

Здійснюється у наступній послідовності:

1. Обирається система освітлення.

Система загального освітлення застосовується у виробничих приміщеннях з невисоким рівнем освітленості (до 150 лк, V - VIII розряд зорових робіт).

В приміщеннях з I-IV розрядом зорових робіт слід застосовувати, як правило, систему комбінованого освітлення.

2. Обираються нормовані параметри освітлення (освітленість, якісні показники освітлення: коефіцієнт пульсації, коефіцієнт нерівномірності освітлення) згідно [15]. Освітленість робочої поверхні, що створюється світильниками загального освітлення у системі комбінованого, повинна складати 10% нормованої.

3. Обирається тип джерела світла та тип світильника.

В освітлювальних установках, призначених для освітлення підприємств, в якості джерела світла широко використовуються лампи розжарювання та газорозрядні лампи.

Порівняльна характеристика ламп розжарювання та газорозрядних ламп приведена у табл. 3.1.

Лампи розжарювання	
<p style="text-align: center;"><u>Переваги:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - простота включення; - низька вартість; - безінерційність; - простота утилізації; - широкий діапазон потужностей та напруг. 	<p style="text-align: center;"><u>Недоліки:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - низький коефіцієнт корисної дії (5%), відносяться до теплових джерел світла; - низька світловіддача (до 20 лм/Вт); - малий час служби (до 1000 г); - промені переважно червоної та оранжевої частини спектра; - підвищена температура нагріву (до 140 °С та вище), що робить їх пожежонебезпечними.
Газорозрядні лампи	
<p style="text-align: center;"><u>Переваги:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - більш високий час служби(8-14 тис. г); - може бути отриманий будь-який спектр; - світлова віддача (до 100 лм/Вт); - температура нагрівання ламп до 30-60° С. 	<p style="text-align: center;"><u>Недоліки:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - складність включення; - пульсація світлового потоку; - інерційність; - працюють тільки від мережі змінного струму; - стійка робота тільки при температурі більше +10°С; - стробоскопічний ефект.

До основних характеристик джерел світла відносяться: номінальна напруга, В; електрична потужність, Ват; світловий потік, лм; світлова віддача, лм/Вт (даний параметр є головною характеристикою економічності джерела світла); час служби, год. Тип джерела світла на підприємствах обирають враховуючи техніко-економічні показники (більша світлова віддача при більшому або тому ж часі служби), правильність передачі кольорових об'єктів, що освітлюються (там, де це важливо), зручність експлуатації, санітарно-гігієнічні, естетичні та протипожежні вимоги, що пред'являються до освітлення.

Лампи розжарювання, як правило, застосовують для місцевого освітлення, а також освітлення приміщень з тимчасовим перебуванням людей. Для загального ос-

вітлення виробничих приміщень застосовують газорозрядні лампи.

Світловий пристрій, що складається з джерела світла (лампи) та освітлювальної арматури називається **світильником**. Основне призначення світильників полягає у перерозподілі світлового потоку джерела світла в потрібному напрямку та захисту ламп і електричних апаратів від впливу оточуючого середовища.

Класифікація світильників:

➤ За призначенням: загального та місцевого освітлення.

➤ Залежно від конструктивного призначення: відкриті, закриті, пило та вологозахиснені, вибухонебезпечні.

➤ За умовами експлуатації. Світильники поділені на сім експлуатаційних груп, причому чим вище номер групи, тим світильники менше підвладні впливу зовнішнього середовища і тим доцільніше використовувати їх у більш важких умовах праці.

➤ За розподілом світлового потоку: прямого світла, переважно прямого, розсіяного та відбитого світла.

Тип світильників обирається враховуючи: вимоги до його світлорозподілу, умови середовища по ступеню захисту від поразки електричним струмом, захист від пилу та води, економічності установки у цілому.

4. Розміщуються світильники у приміщенні.

При системі загального освітлення застосовується рівномірне та локалізоване розміщення світильників. При рівномірному розміщенні забезпечується достатня рівномірність освітленості по всій площі в цілому. У цьому випадку відстань між світильниками у кожному ряді та між рядами береться однакова (рис. 3.2).

Найкращим варіантом рівномірного розміщення є шахове розміщення світильників та по сторонах квадрата (відстані між світильниками у ряду та між рядами світильників рівні).

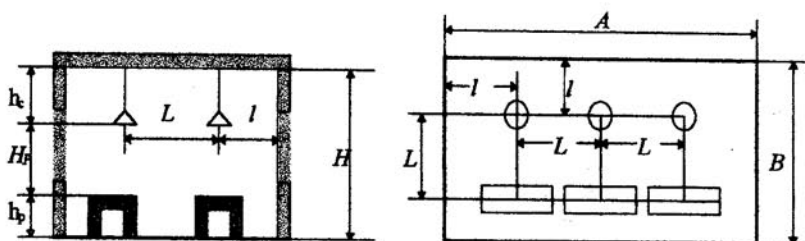


Рис. 3.2. Схема розміщення світильників у приміщенні

Розміщення світильників по сторонах квадрата слід здійснювати по оптимальних значенням відносної відстані L/H_p у залежності від типу світильника

$$\frac{L}{H_p} = 1,4 + 2,$$

де L - відстань між світильниками; H_p - висота підвісу світильників над робочою поверхнею.

Оптимальна відстань від крайнього ряду світильників до стін (l)

$l = (0,24 - 0,3) * L$ - при розташуванні робочих місць біля стіни;

$l = (0,4 - 0,5) * L$ - на відстані від стіни.

При рівномірному розміщенні люмінесцентних світильників останні розставляють рядами - паралельно рядам обладнання. При високих нормативних рівнях освітлення люмінесцентні світильники розташовують безперервними рядами, для чого їх ставлять один з одним торцями.

5. Обирається число світильників та визначається потужність ламп, необхідних для створення нормованої освітленості на робітничому місці.

Число світильників заздалегідь призначають, виходячи з їх розташування на плані поперечного розрізу приміщення (див п. 4).

Розрахунок потужності освітлювальної установки проводиться трьома основними методами:

1. **Методом коефіцієнта використання світлового потоку** - застосовується для розрахунку загального рівномірного освітлення.

2. **Точковим методом** - застосовується для розрахунку місцевого освітлення та перевірки рівномірності загального освітлення, нахилених поверхней локалізованого загального освітлення.

3. **Методом пхтмої потужності** - застосовується для орієнтовних розрахунків. Найбільш простий та найменш точний.

Метод коефіцієнта використання світлового потоку

Коефіцієнт використання освітньої установки показує, яка частина світлового потоку ламп падає на робочу поверхню.

$$\eta = \frac{\Phi_p}{N \cdot \Phi_{св}}$$

де Φ_p - світловий потік, який падає на робочу поверхню;
 N - число світильників у приміщенні.

На основі цього визначення світловий потік одного світильника $\Phi_{св}$, необхідний для забезпечення заданої мінімальної освітленості,

$$\Phi_{св} = \frac{E_n \cdot S \cdot z \cdot k}{N \cdot \eta}$$

де $S = A \cdot B$ - площа приміщення, що освітлюється, м²;

E_n - нормована освітленість по [15], лк;

z - коефіцієнт нерівномірності освітлення;

k - коефіцієнт запасу;

η - коефіцієнт використання світлового потоку вибирається з довідкових таблиць залежно від типу світильника, а також від показника приміщення

$$i = A \cdot B / [N_p \cdot (A+B)].$$

Світловий потік однієї лампи визначають по виразу,

$$\Phi_d = \Phi_{св} / n,$$

де n - число ламп у світильнику, що застосовується.

По величині Φ_d з довідкових таблиць вибирають тип та потужність ламп і остаточно перевіряють розрахункову величину освітленості

$$E_p = \frac{N \cdot n \cdot \Phi_d \cdot \eta}{S \cdot z \cdot k}$$

Перевіряють умову достатнього освітлення

$$E_p = (0,9 - 1,2) E_n,$$

якщо $E_p > 1,2 E_n$ - зменшують число світильників при

$E_p < 0,9 E_n$ - збільшують.

Перевірочний розрахунок. У цьому випадку визначають очікувану освітленість при відомих параметрах освітлювальної установки.

Точковий метод.

Його застосовують для розрахунку локалізованого загального освітлення, освітлення нахиленої поверхні та для перевірки освітлення в обраних точках. У цьому випадку відбиттям світлового потоку від стін, стелі, підлоги, обладнання зневажають, що вносить похибку у розрахунки. Для розрахунку освітленості у точці А (рис. 3.3) використовуються такі залежності:

$$E_A = \frac{I_\alpha \cdot \cos \alpha}{r^2}, \text{ де}$$

I_α - сила світла в напрямленні променю від джерела на дану точку А робочої поверхні;

r - відстань від світильника до розрахункової точки А, м;

α - кут між напрямленням променю і нормаллю до робочої поверхні.

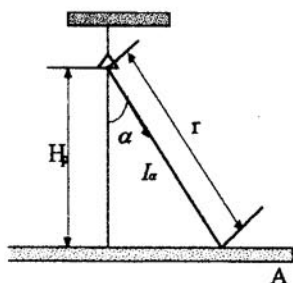


Рис. 3.3. Схема визначення відстаней при розрахунку точковим методом

Сила світла, визначається з довідкових таблиць по характеристиках світлорозподілу світильника з умовною лампою, світловий потік якої дорівнює $\Phi_n = 1000$ лм.

Враховуючи те, що $r = H_p / \cos \alpha$, вираз для освітленості в точці А прийме вигляд

$$E_A = I_\alpha \cdot \cos^3 \alpha \div H_p^2.$$

Реальна освітленість від конкретної лампи визначається за формулою:

$$E_A^P = \frac{E_A \cdot \Phi_n \cdot K}{1000},$$

де Φ_p - світловий потік реальної лампи; K - коефіцієнт запасу.

У випадку, коли одна точка освітлюється від декількох світильників, підраховується освітленість E_i від кожного i -го світильника, а потім значення додаються

$$E_\Sigma = \sum_{i=1}^N E_i,$$

де N - число світильників, від яких світловий потік падає у контрольну точку.

Метод питомої потужності

Цей метод є найбільш простим, але найменш точним і тому застосовується для орієнтовних розрахунків. За цим методом потужність кожної лампи для забезпечення нормованої освітленості визначається згідно з виразом:

$$P_n = \frac{P \cdot S}{Nn}, \text{ Вт,}$$

де P - питома потужність, Вт/м², залежить від типу світильника, висоти підвісу H_p , потрібної освітленості та площі приміщення (обирається з таблиць);

S - площа приміщення, м²;

N і n - число світильників та ламп відповідно у освітлювальній установці.

Розділ 4.

Виробничий шум, ультразвук, інфразвук та вібрація

4.1. Фізична природа. Джерела коливань

За своєю фізичною природою шум, ультразвук, інфразвук та вібрація є пружними коливаннями твердих тіл, газів та рідин. Пружні коливання матеріального середовища (повітря, рідини, машин, конструкцій і т.п.) характеризуються наступними параметрами:

λ - довжиною хвилі, м;

c - швидкість розповсюдження, м/с;

f - частотою, Гц;

T - періодом коливань, с, які зв'язані між собою таким виразом

$$c = \lambda \cdot f = \lambda / T.$$

Швидкість розповсюдження залежить від пружності та щільності середовища. В залежності від частоти коливань діапазон від:

- 0 - 20 Гц займає інфразвук; 3 - 100 Гц - вібрація;
- 20 Гц - 20 кГц - звук;
- > 20 кГц - ультразвук.

Звук - механічні коливання пружного середовища, що сприймаються людиною через орган слуху у діапазоні від 20 Гц до 20 кГц.

Ультразвук - це механічні коливання пружного середовища у діапазоні частоти вище 20 кГц, які не сприймаються вухом людини.

Інфразвук - це механічні коливання пружного середовища у діапазоні частоти менше 20 Гц.

Шум - це звук, який несприятливо впливає на здоров'я і працездатність людини та заважає сприйняттю корисної інформації.

Вібрація - це процес розповсюдження механічних коливань різних видів у твердому тілі, з частотою від 3 до 100 Гц. У виробництві джерелами шуму можуть бути:

- машини та механізми (механічний шум);
- електромагнітні пристрої (електромагнітний шум);
- потік рідин та газів (аеродинамічний шум).

Джерелами ультразвуку є обладнання, у якому генеруються ультразвукові коливання для виконання техноло-

гічних операцій, а також обладнання, при експлуатації якого ультразвук виникає як побіжний фактор.

В приладобудуванні ультразвук застосовується при очищенні та обезжирюванні деталей, дефектоскопії, зварюванні, сушці, технічному контролі.

Джерелами інфразвуку є вентилятори, поршневі компресори, машини та механізми, які працюють з числом обертів робочих циклів менше 20 в секунду (інфразвук механічного походження), а також рух великих потоків газів або рідини (інфразвук аеродинамічного походження).

Джерелами вібрації є механізми, машини, механізований інструмент. Вібрації по характеру дії на тіло людини підрозділяється на загальну (вплив на все тіло) та локальну (вплив на окремі частини тіла: руки або ноги). По направленню дії - вдовж осі x , y і z .

4.2. Основні фізичні характеристики шуму

Звук характеризується звуковим тиском P та інтенсивністю звука I .

Звуковий тиск P , Па - це змінна складова атмосферного тиску, який виникає при проходженні звукової хвилі.

Інтенсивність звука I , Вт/м² - це густина звукової енергії, яка переноситься хвилею в одиницю часу, віднесена до одиниці площі поверхні, перпендикулярної до напрямку розповсюдження хвилі. Інтенсивність звуку пов'язана з звуковим тиском залежністю:

$$I = \frac{P^2}{\rho \cdot C}$$

де ρ - густина середовища, кг /м³;

C - швидкість звука, м /с.

Орган слуху здатний сприймати інтенсивність звуку в діапазоні 10^{-12} ... 10^2 Вт/м² та - звуковий тиск в діапазоні $2 \cdot 10^{-5}$... $2 \cdot 10^2$ Па при частоті звуку, 1 кГц.

Мінімальне значення акустичного тиску (чи сили звуку), які здатна чути людина називається порогом чутливості.

Максимальні параметри (межі відчуття болю) - порог больового відчуття.

Враховуючи логарифмічну залежність між інтенсивністю звука та слуховим сприйманням (закон Вебера-Фехнера), а також з метою спрощення операцій з великими числами, які характеризують звук, на практиці користуються логарифмічними рівнями інтенсивності звуку L_I та рівня звукового тиску L_P у децибелах дБ, що визначаються відповідно:

$$L_I = 10 \lg \frac{I}{I_0};$$

$$L_P = 20 \lg \frac{P}{P_0}, \text{ дБ}$$

де I та P - фактичні значення відповідно інтенсивності звуку та звукового тиску; $I_0 = 10^{-12}$ Вт/м²; $P_0 = 10^{-5}$ Па - відповідно порогові значення.

Інтенсивність слухового відчуття, що викликається звуковою хвилею, називається **гучністю звука**. Рівень гучності нормальної звукової мови - 30-40 дБ, шумів та звуків, які заглушують розмовну мову - 65-70 дБ, центробіжних вентиляторів - 80-105 дБ, двигунів внутрішнього згорання - 100-110 дБ.

Несприятлива дія шуму залежить також від частотного діапазону звука. Для частотної характеристики шуму звуковий діапазон розбивають на смуги з певним співвідношенням верхньої граничної частоти f_v до нижньої f_n .

Октавна смуга - це смуга частот, у якій верхня гранична частота f_v дорівнює подвоєній нижній частоті

f_n , тобто $\frac{f_v}{f_n} = 2$. Іноді використовується **напівоктавна**

смуга $\frac{f_v}{f_n} = \sqrt{2}$, або **третьоктавна** $\frac{f_v}{f_n} = \sqrt{3}$. Октавна

смуга характеризується середньгеометричною частотою

$$f_{cp} = \sqrt{f_n \cdot f_v}.$$

Внаслідок безперервного впливу на слух людей інтенсивного шуму на виробництві може виникнути професійна глухота або різка втрата слуху - туговухість. Шум руйнує нервову систему, послаблює увагу, пам'ять.

4.3. Нормування шуму

Допустимі рівні шуму на робочих місцях встановлюють санітарні норми СН 3223-85.

В залежності від часових характеристик, шум підрозділяється на постійний та непостійний. **Постійним** вважається шум, рівень звуку якого за 8-годинний робочий день змінюється у часі не більше ніж на 5 дБ.

Непостійний - змінюється у часі більше ніж на 5 дБ. Непостійні шуми поділяються на наступні види: **коливаючий**, рівень звуку якого безперервно змінюється з часом; **переривчастий**, рівень звуку якого різко падає до рівня фонового шуму, причому тривалість інтервалів, протягом яких рівень остається постійним і перевищує рівень фонового шуму, складає 1 секунду та більше; **імпульсний**, складаються з одного чи декількох звукових сигналів, кожен з яких має тривалість не менше 1 секунди.

Допустимі рівні постійного шуму на робочих місцях нормуються в октавних смугах з середньгеометричними частотами (табл. 4.1.).

Таблиця 4.1.

Робоче місце	Середньгеометричні частоти в октавних смугах, Гц									Еквівалентні рівні
	31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
	Рівні звукового тиску, дБ									звука, дБА
Приміщення програмістів обчислювальних машин	86	71	61	54	49	45	42	40	38	50

Нормування постійного широкосмугового шуму на робочих місцях проводиться по еквівалентним рівням звука, дБА, за шкалою шумоміра А, яка відповідає середній чутливості вуха людини.

Еквівалентним рівнем звуку називається значення рівня звуку тривалого постійного шуму, який у межах устанавленого часу $T = t_2 - t_1$, має теж саме середньоквадратичне значення рівня, що і шум, рівень якого мінюється у часі.

Для тонального та імпульсного шуму нормовані значення беруться на 5 дБА менше тих, що вказані в таблиці.

4.4. Нормування ультразвука

Під впливом ультразвукових коливань виникають виражені зміни у стані нервової, серцево-судинної, дихальної, ендокринної системах організму, у обміні речовин та терморегуляції.

Характеристикою звуку, що створюється коливаннями повітряного середовища у робочій зоні, є рівні звукового тиску у третьоктавних смугах з середньо-геометричними частотами від 12,5 до 100 кГц.

Допустимі рівні звукових тисків згідно з ДСТ 12.1.001 - 83 [7] на робочих місцях не повинні перевищувати значень вказаних у таблиці 4.2.:

Таблиця 4.2.

$f_{ср}$, кГц	$L_{доп}$, дБ
12,5	≤ 80
20	≤ 90
25	≤ 105
31,5-100	≤ 110

Допустимі рівні ультразвуку в зонах контакту рук або інших частин тіла людини з робочими органами приладів та установок не повинні перевищувати 110 дБ.

4.5. Нормування інфразвуку

Інфразвук характеризується тими же параметрами, що і звичайний звук. Інфразвукові низькочастотні хвилі несприятливо впливають на стан людей: його дія супроводжується відчуттям обертання, розхитання, почуттям тривоги, страху, болю у вухах, порушенням роботи органів рівноваги. Співпадіння частот інфразвуку з частотами внутрішніх органів (6-8 Гц) може привести до важких наслідків (внаслідок резонансу) - до втрати зору та слуху.

Згідно з СН 22.74-80 нормуються рівні звукового тиску в октавних смугах середньогеометричних частота: 2, 4, 8, 16 Гц. Допустимі рівні інфразвуку для даних частот не повинні перевищувати 105 дБ.

4.6. Захист від шкідливого впливу шуму, інфразвуку та ультразвуку

Захист від шкідливого впливу шуму, інфразвуку та ультразвуку проводиться такими основними методами:

1. Усунення коливань у джерелі виникнення.

Застосування пластмас та інших полімерних матеріалів, ретельне балансування обладнання, мас, які обертаються, заміна прямозубих передач косозубними і т.п.

2. Усунення коливань на шляху розповсюдження.

Звукоізоляція, звукопоглинення, використання глушительів аеродинамічного шуму, багат шарових огорож.

Звукопоглинення - розсіювання звукової енергії у пористих матеріалах (войлок, поролон, скловолокно).

Звукоізоляція - заснована на основі властивості шуму відбиватися (сталевий лист знижує шум на 30 - 60 дБ).

Багат шарові огорожі - декілька шарів з різними акустичними властивостями (віконна рама).

Глушительі аеродинамічного шуму встановлюють в місцях накопичення газів з високими швидкостями руху.

3. Проектно-архітектурні методи передбачають: використання природних перешкод (лісопосадки), розташування обладнання, вибір перекриття.

4. Організаційно-технологічні рішення: своєчасне і якісне проведення планово-попереджувального ремонту; контроль за правильною експлуатацією, вибір мал шумного обладнання та технологій.

5. Засоби індивідуального захисту:

- навушники при гучності більше 120 дБ;
- вкладиші у вуха з ультраволонна;
- спеціальні шоломи, маски, протिशумні костюми.

4.7. Основні фізичні характеристики вібрації

Основними характеристиками вібрації є:

- вібршвидкість (V , м/с):

$$V = w X_m = 2 \pi f X_m,$$

де w - кругова частота, c^{-1} ;

X_m - амплітуда вібропереміщення;

- віброприскорення (a , м/с²)

$$a = w^2 X_m = 4\pi^2 \cdot f^2 \cdot X_m .$$

Гігієнічні характеристики вібрації є:

- логарифмічний рівень віброшвидкості

$$L_v = 20 \lg \frac{V}{V_0} , \text{ дБ};$$

- логарифмічний рівень віброприскорення

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

де $V_0 = 5 \cdot 10^{-8}$ м/с, $a_0 = 10^{-6}$ м/с² - відповідно опорна віброшвидкість та віброприскорення.

Нормування вібрації

Вібрація відноситься до факторів, які мають велику біологічну активність. Як загальна, так і локальна вібрація несприятливо впливає на організм людини, викликає зміну у функціональному стані вестибулярного аналізатора, центральної нервової, серцево-судинної систем, погіршує самопочуття та може призвести до розвитку професійних захворювань - вібраційної хвороби (змін у суглобах та кістках, поразка м'язів та т.п.). Особливо небезпечною стає дія вібрації при частоті 6-9 Гц для окремих органів, а для рук - 30-80 Гц.

Параметрами, які нормуються, як для локальної так і для загальної вібрації згідно ДСТ 12.1.012-90 [6] є: середнє квадратичне значення віброшвидкості V (та їх логарифмічні рівні L_v) або віброприскорення a (та їх логарифмічні рівні L_a).

Норми встановлюються в залежності від виду вібрації (загальна або локалізована), виду джерела вібрації (транспортна, транспортно-технологічна чи технологічна), осей ортогональних проєкцій (x , y , z) та залежно від часу впливу на людини. Норми вібрації встановлені для тривалості робочої зміни 8г.

При тривалості впливу вібрації менше 8 г норму вібраційного навантаження визначають за виразом:

$$U_t = U_{480} \cdot \sqrt{\frac{480}{t}} ,$$

де U_{480} - норма вібраційного навантаження на оператора з тривалістю впливу 480 хвилин (8 годин),
 t - фактичний час контакту працюючого з вібруючими поверхнями.

Захист від вібрації

Існує два основних методи усунення вібрації:

1. Зменшення інтенсивності вібрації у джерелі її

ВИНИКНЕННЯ:

- містить в собі вибір безінерційних, безвібраційних технологій.

2. Зменшення вібрації на шляху її розповсюдження завдяки віброізоляції, вібропоглинення та віброгасіння.

Віброізоляція - зменшення вібрації за рахунок розміщення між джерелом і об'єктом який потребує захисту додаткових пристроїв - віброізоляторів. Віброізолятори є: пружинні, гідравлічні, пневматичні, гумові і т.п.

Вібропоглинення - це перетворення енергії механічних коливань у інші види енергії, частіше за все у теплову, за рахунок використання матеріалів з більшим внутрішнім тертям.

Практичне здійснення - напilenня на віброізоляційну поверхню пружно-в'язких матеріалів - гуми, спеціальних пластиків, вібропоглинаючих мастил. Енергія механічних коливань перетворюється у теплову за рахунок сил тертя.

Віброгасіння - введення у коливальну систему додаткового коливального контуру який перешкоджає вібрації основної системи. Додаткова система коливається з такою ж частотою що і основне джерело коливань, але з протилежними реакціями.

До організаційних методів захисту від вібрації відноситься:

До роботи з джерелами вібрації не допускаються особи молодше 18 років, які страждають серцево-судинними захворюваннями, виразкою шлунку, вагітні жінки. Для робітників, які працюють в умовах вібрації, повинен проводитись медогляд (не рідше одного разу на рік), вітамінізація (2 рази на рік), додаткові перерви (20 хвилин після початку роботи до обіду та 30 хвилини через 2 години після закінчення обіду).

Електробезпека

5.1. Дія електричного струму на організм людини

Широке використання електроенергії у всіх галузях народного господарства та побуті приводить до значного розширення кола осіб, пов'язаних з експлуатацією електроустановок.

Електроустановками називається сукупність машин, ліній, допоміжного обладнання (разом з спорудами та приміщеннями, у яких вони встановлені), призначених для виробництва, трансформації, передачі, розподілу електроенергії та перетворення її у інші види енергії.

Порушення вимог електробезпеки при роботі на електроустановках, як правило, приводить до електротравм.

Електротравма - травма, яка викликана під впливом електричного струму або електричної дуги.

Кількість нещасних випадків зі смертельним наслідком при електротравматизмі найбільша (складає близько 40 %), при загальній кількості біля 1%.

Виникнення електротравм може бути викликано:

- дотиком до частин, що проводять струм;
- дотиком до апаратів, що знаходяться у аварійному режимі;
- попаданням під напругу кроку;
- наближенням до апаратів високої напруги (поразка електричною дугою).

В порівнянні з іншими видами нещасних випадків електротравматизм має такі **особливості**:

- Людина не може визначити дистанційно наявність напруги.
- Електричний струм діє не тільки в місці контакту, а на весь організм у цілому.
- Людина може отримати електротравму без безпосереднього контакту з струмопровідними частинами (попадання під напругу кроку, ураження через електричну дугу).

Види дії електричного струму.

Електричний струм може викликати:

- термічну (опік);
- хімічну (зміни складу крові);
- механічну (розрив тканин);

- біологічну (подрознення та порушення живих тканин організму, фібриляція серця) та інші дії.

Електротравми бувають:

1. Місцеві електричні травми - електричні опіки, електричні знаки або мітки (круглі або овальні плями на тілі у місцях входу та виходу електричного струму), металізація шкіри, електроофтальмію (опік роговиці очей).

2. Загальні - електричний удар, при якому вражається весь організм через порушення нормальної діяльності життєво важливих органів. Проявляється у вигляді фібриляції серця хаотичного скорочення волокон серцевих м'язів), зупинки дихання та електричного шоку - своєрідна нервово-рефлекторна реакція організму у відповідь на сильне подразнення електричним струмом.

5.2. Фактори, які впливають на наслідки ураження електричним струмом

Характер дії електричного струму на організм людини та важкість ураження залежить від наступних основних факторів: сили струму, який протікає через тіло людини, тривалості його дії, роду і частоти струму, шляху струму через тіло людини, індивідуальних властивостей людини.

Сила струму, що проходить через тіло людини, (I_h), є головним фактором, який обумовлює наслідок ураження. Різний за величиною струм по різному впливає на організм людини.

Розрізняють відчутні, невідпускаючі та фібриляційні струми, порогові значення яких приведені у табл. 5.1.

Таблиця 5.1.

Порогові значення струму	Змінний струм, мА (50 Гц)	Постійний струм, мА
Відчутний	0,6 - 1,5	5 - 7
Невідпускаючий	10 - 15	50 - 80
Фібриляційний	50-100	400 - 500
При яких миттєво зупиняється серце	> 5000	> 5000

Невідпускаючий струм характеризується тим, що при проходженні через тіло людини, викликає судорожні скорочення м'язів руки, в якій знаходиться провід. Фібриляційний струм характеризується тим, що при про-

ходженні через тіло людини, викликає фібриляцію серця. Струм більш 5 А (50 Гц) як змінний так і постійний викликає миттєву зупинку серця.

Опір тіла людини (R_h) визначається опором внутрішніх органів $R_{вн}$, та опором зовнішніх шкіряних тканин R_3 , C_3 (Рис. 5.1.), причому опір шкіри складає основну долю загального опору. Найбільший опір має верхній шар шкіри (епідерміс) і може складати десятки кОм. Опір внутрішніх тканин тіла людини незначний і складає 300-500 Ом.

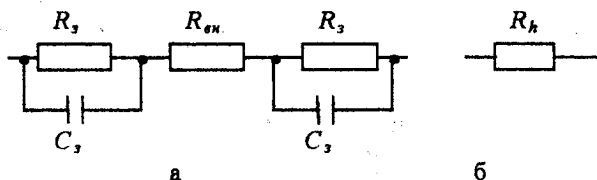


Рис. 5.1. Електрична схема заміщення тіла людини: а - повна еквівалентна схема; б - спрощена схема

Оскільки при зволоженні, забрудненні та пошкодженні шкіри (потовиділення, порізи, подряпини і т. п.), збільшенні сили струму та часу його дії, збільшенні площі контакту з струмоведучими елементами, опір тіла людини зменшується до мінімального значення - опору внутрішніх органів а також при частоті струму 50 Гц ємкісні опори малі, то для розрахунків опір тіла людини приймають чисто активним та рівним 1 кОм (див. Рис. 5.1. б).

Напруга дотику ($U_{дот}$) впливає на наслідки ураження. Чим вище напруга дотику тим небезпека поразки більше, так як при нарузі більше 100 В відбувається пробій зовнішнього шкіряного покриву, загальний опір людини зменшується і струм, який протікає по тілу, збільшується.

Тривалість дії електричного струму в багатьох випадках є визначальним фактором, від якого залежить наслідки ураження струмом: з збільшенням тривалості впливу електричного струму загальний опір людини зменшується, тому небезпека ураження збільшується.

Залежність між припустимими величинами струмів і напруг залежно від часу впливу електричного струму приведені у ДСТ 12.1.038-82.

Вид та частота струму також впливає на наслідки ураження. При напрузі до 500 В змінний струм у 4-5 разів небезпечніший постійного. При більш високій напрузі - постійний струм більш небезпечний через можливості загоряння електричної дуги.

Найбільш небезпечний електричний струм частототого до 200 Гц. При більш високих частотах струм сприймається як постійний і небезпечність ураження помітно знижується.

Влях струму у організмі людини суттєво впливає на наслідки ураження. Небезпечність ураження особливо велика, якщо струм проходить через життєво важливі органи - серце, легені, головний мозок та безпосередньо діє на ці органи. Виділяють два основних види дотику людини до струмоведучих частин: однополюсний та двополюсний. При однополюсному дотику людина торкається до одної з фаз електроустановки, яка знаходиться під напругою, при двополюсному - до двох фаз електроустановки одночасно.

Умови оточуючого середовища визначають ступінь безпеки ураження людини. Згідно з ПУЕ приміщення по характеру навколишнього середовища поділяють на: нормальні, сухі, вологі, сирі, особливо сирі, жаркі, запилені, та з хімічно активним середовищем.

До сухих відносяться приміщення, відносна вологість яких не більша 60%.

Вологими вважаються приміщення, в яких волога виділяється непостійно і в невеликих кількостях, а відносна вологість складає більш 60-70%.

Сирими є приміщення, відносна вологість яких довгий час перевищує 76%.

Особливо сирими називаються приміщення, відносна вологість яких близька до 100% (стеля, стіни, підлога покриті вологою).

До жарких відносяться приміщення, температура яких під дією різних теплових випромінювань перевищує постійно чи періодично (більше доби) +30°C.

Запиленими вважаються приміщення, у яких по умовах виробництва виділяється технологічний пил у такій кількості, що може осідати на проводах, проникати в середину машин, апаратів і т. п. Запилені приміщення поділяють на приміщення з струмопровідним та неструмопровідним пилом.

У приміщеннях з хімічно активним чи органічним середовищем постійно чи протягом тривалого часу мають

місце агресивні пари, гази, рідини, які діють на ізоляцію та струмоведучі частини електрообладнання.

За ступенем небезпечності ураження людей електричним струмом всі приміщення підрозділяються на три категорії: приміщення без підвищеної небезпеки; приміщення з підвищеною небезпекою та особливо небезпечні приміщення.

В приміщеннях без підвищеної небезпеки відсутні умови, які створюють підвищену чи особливу небезпеку. До них відносяться адміністративні приміщення, приміщення програмістів, операторів обчислювальної техніки і т. п.

Для приміщень з підвищеною небезпекою характерно наявність одного з наступних умов: сирість чи струмопровідний пил; струмопровідна підлога, висока температура; можливість одночасного дотику людини до металоконструкції будинків, технологічних апаратів, механізмів, які мають з'єднання з землею, - з однієї сторони, і до металевих корпусів електрообладнання - з другої.

До цієї категорії приміщень можна віднести: монтажне приміщення радіоелектронної апаратури, приміщення механічної, електрофізичної обробки металів, друкарські цехи та інше.

Особливо небезпечні приміщення характеризуються наявністю однієї з умов, яка створює особливу небезпеку: особлива сирість, хімічно активне середовище, а також при одночасній наявності двох та більше умов підвищеної небезпеки (гальванічні, травильні, зварювальні та інші подібні відділення).

Оскільки робоча напруга впливає на наслідок ураження при дотику людини до струмоведучих частин, то значення напруги повинно відповідати призначенню електрообладнання та характеру навколишнього середовища. Так, для живлення електропроводів виробничих машин і верстатів допускається напруга 220, 380 та 660 В. Для стаціонарних освітлювальних установок - до 220 В; для ручних світильників і ручного інструменту в приміщеннях особливо небезпечних - до 12 В, а в приміщеннях з підвищеною небезпекою - до 36 В.

Індивідуальні особливості та стан організму людини впливає на наслідки ураження електричним струмом. Струм, який викликає незначні відчуття у однієї людини, може бути небезпечним для іншої. Характер дії струму однієї величини залежить від маси людини, її фізичного

розвитку та темпераменту. Для жінок порогові значення струму приблизно у півтора рази нижчі, ніж для чоловіків. Ступінь дії струму залежить від стану організму. Так, у стані стомлення і сп'яніння людина значно більш чутлива до дії струму. Встановлено, що фізично здорові люди переносять електричні удари значно краще, ніж хворі. Підвищене сприйняття до електричного струму мають люди, які страждають захворюваннями серця, шкіри, легень та нервової системи.

5.3. Класифікація електричних мереж, що застосовуються у промисловості

Згідно з ПУЕ мережі діляться:

- за напругою: до 1000В (~220В; ~380В) та більш 1000В (6, 10, 35, 110, 220кВ і т. п.)
- за кількістю фаз: однофазні та багатофазні;
- за кількістю проводів: одно, двох, трьох та чотирьохпроводні;
- за режимом нейтралі трансформатора напруги: з ізольованою та заземленою нейтраллю трансформатора напруги.

Схема електропостачання підприємств показана на Рис. 5.2.

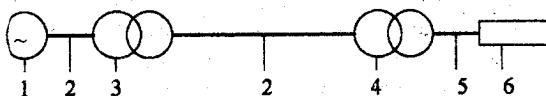


Рис. 5.2. Структурна схема електропостачання підприємства

1 - електростанція; 3,4 - трансформаторні підстанції, яка підвищує та понижує напругу відповідно; 2 - лінія електропостачання з напругою більше 1000 В; 5 - з напругою менше 1000 В; 6 - споживач електроенергії.

Трансформатор та лінії електропередачі створюють електричні мережі. Електричні мережі до тисячі вольт є:

- по кількості проводів: дво, три та чотирипроводові;
- по режиму роботи нейтралі трансформатора: з ізольованою та заземленою нейтраллю трансформатора.

На рис. 5.3. і 5.4. приведені схеми електричних мереж з напругою до 1000 В.

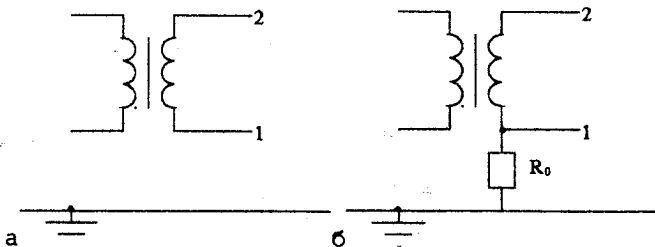


Рис. 5.3. Однофазна двопроводова мережа:
а) ізолювана від землі; б) з одним заземленим проводом.

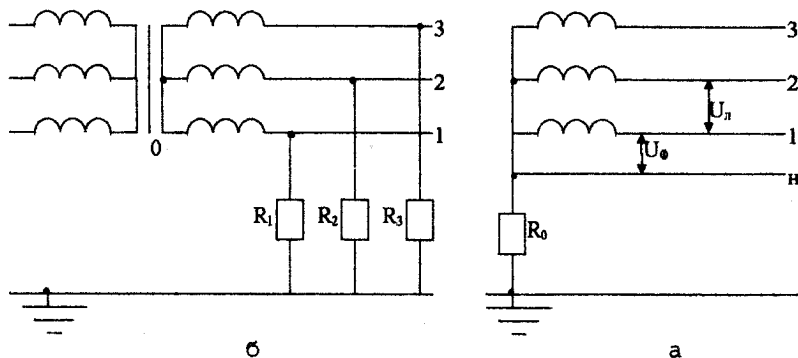


Рис. 5.4. Трифазні мережі:

- а) трифазна, трипровідова мережа з ізолюваною нейтраллю; б) трифазна, чотирипровідова мережа з заземленою нейтраллю трансформатора.

1, 2, 3 - фазні проводи;

0 - нейтральна точка трансформатора напруги;

R_0 - опір заземлюючого пристрою трансформатора напруги;

R_1, R_2, R_3 і R_n - опори фазних і нульового проводів відносно землі;

U_n і U_ϕ - лінійна (220В) і фазна (380В) напруги.

5.4. Аналіз умов безпеки експлуатації електричних мереж

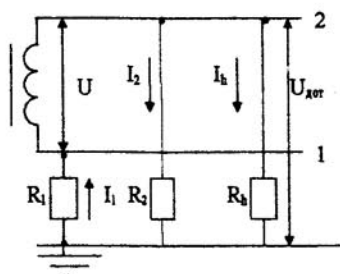
Зводиться до визначення величини струму I_n , що проходить через тіло людини в залежності від умов, у яких може опинитись людина при експлуатації електромереж та електроустановок, режиму та параметрів мережі. Розрізняють нормальний та аварійний режими роботи мережі.

При нормальному режимі роботи електричної мережі по проводам проходять номінальні робочі струми, а при аварійному режимі роботи - струми замикання.

5.4.1. Аналіз умов безпеки експлуатації однофазних мереж

Однофазна двопровідна мережа ізольована від землі Нормальний режим

Схема однополюсного дотику людини до однофазної мережі показана на рис. 5.5.



U - робоча напруга мережі;
 $U_{\text{дот}}$ - напруга дотику людини;
 R_1, R_2 - опори ізоляції проводів відносно землі;
 R_h - опір людини, $R_h = 1 \text{ кОм}$.

Рис. 5.5. Електрична схема дотику людини до однофазної мережі ізольованої від землі.

Струм I_h , який протікає через тіло людини, під дією напруги дотику $U_{\text{дот}}$ дорівнює

$$I_h = \frac{U_{\text{дот}}}{R_h};$$

Відповідно до першого закону Кіргофа струм у вузлі для даної схеми буде дорівнювати

$$I_1 = I_2 + I_h.$$

Замінімо струм відповідними напругами та опорами

$$\frac{U - U_{\text{дот}}}{R_1} = \frac{U_{\text{дот}}}{R_2} + \frac{U_{\text{дот}}}{R_h}.$$

Вирішуючи відносно I_h і $U_{\text{дот}}$ отримаємо такі вирази:

$$U_{\text{дот}} = U \frac{R_1 \cdot R_h}{R_1 R_2 + R_1 R_h + R_2 R_h};$$

$$I_h = \frac{U \cdot R_1}{R_1 R_2 + R_1 R_h + R_2 R_h}.$$

При $R_1 = R_2 = R_{i3}$ струм, який протікає через тіло людини, буде визначатись виразом:

$$I_h = \frac{U}{2R_h + R_{i3}}.$$

Аварійний режим

До схеми дотику додається замикання проводу 1 на землю (див. рис.5.6.)

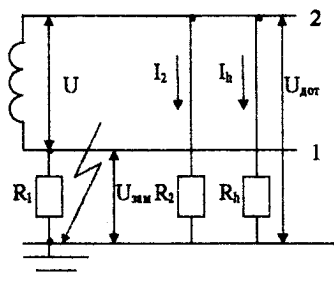


Рис. 5.6. Електрична схема дотику людини до однофазної мережі ізолюваної від землі у аварійному режимі

В даному випадку $U = U_{\text{дот}} + U_{\text{зам}}$,

де $U_{\text{зам}}$ - напруга замикання. Оскільки $R_2 = R_{\text{зам}} \approx 0$, то $U_{\text{зам}} \approx 0$.

$$U = U_{\text{дот}}.$$

$$I_h = \frac{U_{\text{дот}}}{R_h}.$$

Висновки :

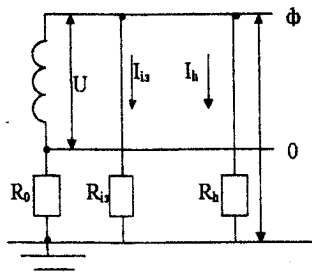
- При нормальному режимі роботи мережі чим краща ізоляція проводів, тим менший струм протікає через тіло людини.
- Дотик людини до проводу з більшим опором ізоляції більш небезпечний.
- В аварійному режимі струм, який протікає через тіло людини, не залежить від стану мережі.

Однофазна двопровідна мережа з одним заземленим проводом

Нормальний режим.

Людина торкається до нульового проводу.

Схема дотику людини до фазного проводу двопровідної мережі з одним заземленим проводом зображена на рис. 5.7.



R_0 — опір заземлення мережі;
 R_{i3} — опір ізоляції проводів відносно землі;
 R_h — опір тіла людини.

Рис. 5.7. Електрична схема дотику людини до фазного проводу двопровідної мережі

$I_h \gg I_{i3}$, оскільки $R_h \ll R_{i3}$ тому I_{i3} не враховується.

$$I_h = \frac{U}{R_h + R_0}, \text{ оскільки } R_h \gg R_0, \text{ то}$$

$$I_h = \frac{U}{R_h} = \frac{220}{1000} \approx 0,22 \text{ A}.$$

Висновок: Струм, який протікає через тіло людини I_h у двопровідних мережах, не залежить від опору ізоляції проводів відносно землі.

Людина торкається до нульового проводу.

Схема дотику для даного випадку показана на рис. 5.7.

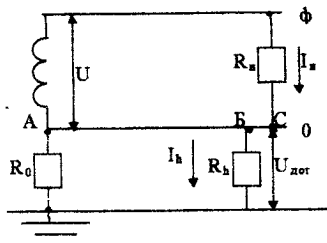


Рис 5.7. Схема дотику людини до нульового проводу однофазної двопровідної мережі

$$U_{\text{дот}} = I_n \cdot R_{\text{аб}},$$

де
 R_n і I_n - опір і струм навантаження відповідно;
 $R_{\text{аб}}$ - опір проводу на ділянці АБ.

При нормальному режимі роботи мережі напруга дотику невелика. Найбільше її значення у точці С і складає не більше 5% від напруги мережі (згідно ПУЕ), тобто 11В. Максимальний струм, який протікає по тілу людини, у цьому випадку буде дорівнює 11mA.

Аварійний режим.

При дотику людини до нульового проводу однофазної двопровідної мережі в момент короткого замикання у навантаження (див рис. 5.8.) вона попаде під напругу дотику, яка дорівнює половині робочої (у випадку якщо опір ізоляції проводів прийняти однаковими). Так для робочої напруги 220В напруга дотику складе 110В, а струм, який протікає по тілу людини $I_h = \frac{11}{1000} \approx 0,011\text{A}$, тобто небезпечний для життя.

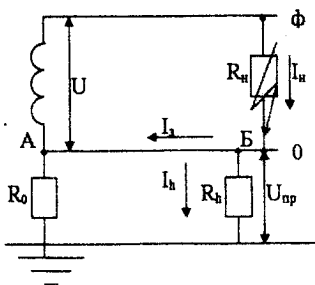


Рис. 5.8. Схема дотику людини до нульового проводу однофазної двопровідної мережі у аварійному режимі

5.4.2. Аналіз умов безпеки експлуатації трифазних мереж

Для загального випадку.

Визначимо вираз для напруги дотику та струму, який протікає через тіло людини, у випадку дотику його до одного з фазних проводів трифазної мережі. Принципова електрична схема для загального випадку показана на рисунку 5.9.

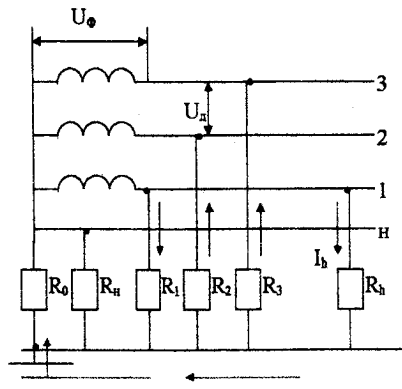


Рис. 5.9. Принципова електрична схема однополюсного дотику людини до трифазної мережі.

R_0 - опір заземлення нейтралі трансформатора;

R_1, R_2, R_3, R_n - опір ізоляції відповідних проводів відносно землі;

R_h - опір тіла людини.

Розкладемо несиметричні фазні напруги U_{13}, U_{23}, U_{33} на складові частини відносно U_1, U_2, U_3 і напруги зміщення нейтралі U_0 (рис. 5.10). Отримаємо систему рівнянь у комплексній формі:

$$\left\{ \begin{array}{l} U_{13} = U_1 - U_0 = U_{дом}; \\ U_{23} = U_2 - U_0; \\ U_{33} = U_3 - U_0. \end{array} \right.$$

Згідно з законом Ома напруга між двома вузлами 0 та 0_1 буде дорівнювати:

$$U_0 = \frac{\sum I}{\sum Y_i} = \frac{\sum U_i Y_i}{\sum Y_i};$$

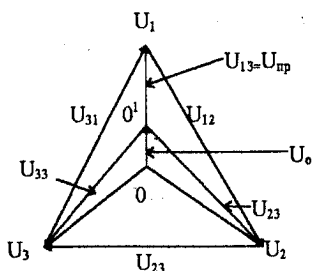


Рис. 5.10 Векторна діаграма напруг при дотику людини до першого проводу.

$$U_0 = \frac{U_1(Y_1 + Y_h) + U_2 Y_2 + U_3 Y_3 + U_1 Y_h + U_n Y_n + U_0 Y_0}{Y_1 + Y_2 + Y_3 + Y_0 + Y_n + Y_h},$$

де $Y_i = 1/R_i$ - провідність відповідних проводів та тіла людини.

Враховуючи те, що

$$\left\{ \begin{array}{l} U_1 = U_\phi; \\ U_2 = a^2 U_\phi; \\ U_3 = a U_\phi, \end{array} \right. \quad \text{де } a = e^{2\pi j/3} - \text{ фазовий оператор, що}$$

враховує зсув фаз, вираз для напруги зміщення у дійсній формі набуде вигляду:

$$U_0 = U_\phi \frac{Y_1 + a^2 Y_2 + a Y_3 + Y_h}{Y_1 + Y_2 + Y_3 + Y_0 + Y_n + Y_h}.$$

Вирішуючи систему рівнянь відносно напруги дотику, отримуємо вираз

$$U_{\text{дот}} = U_\phi \frac{Y_2(1-a^2) + Y_3(1-a) + Y_n + Y_0}{Y_1 + Y_2 + Y_3 + Y_0 + Y_n + Y_h}.$$

Підставляючи в отриманий вираз значення провідностей, можна визначити напругу дотику та струм для будь-якого режиму нейтралі.

Для трьохфазної чотирьохпроводної мережі з заземленою нейтраллю

Нормальний режим

В мережах з заземленою нейтраллю (рис. 5.11) провідності фазних та нульових проводів відносно землі малі в порівнянні з Y_0 тому ними можна знехтувати, тобто $Y_1 = Y_2 = Y_3 = Y_n = 0$.

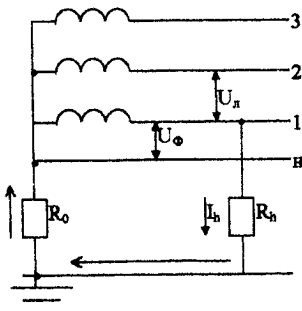


Рис. 5.11. Електрична схема дотику людини до трифазної мережі

У цьому випадку загальний вираз спрощується і значення напруги дотику для трифазної мережі з заземленою нейтраллю запишеться у вигляді:

$$U_{\text{дот}} = U_{\phi} \frac{Y_0}{Y_0 + Y_h}$$

Оскільки $Y_0 \gg Y_h$, то людина практично попадає під фазну напругу.

Струм, який протікає через тіло людини, для даного випадку буде дорівнювати

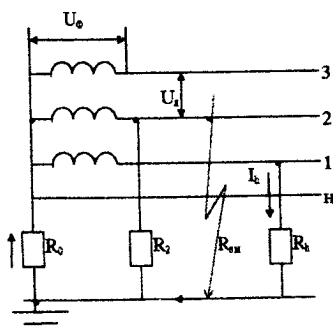
$$I_h = U_{\text{дот}} Y_h = \frac{U_{\phi}}{R_h} = \frac{220}{1000} = 0,22 \text{ А}$$

Висновки:

- при дотику людини до трифазної мережі з заземленою нейтраллю вона опиниться під фазовим значенням напруги;
- для фазового значення напруги 220 В, струм, який протікає через тіло людини, у декілька разів перевищує порогове фібриляційне значення.

Аварійний режим.

При замиканні фази С на землю через малий опір $R_{\text{зм}}$ (див. рис. 5.12.) людина, торкаючись до непошкодженої фази А, опиниться під напругою дотику (за умови, що $Y_1 \gg Y_{\text{зм}}$)



$$U_{\text{дот}} = U_{\phi} \frac{Y_{\text{зм}}(1-a^2) + Y_0}{Y_{\text{зм}} + Y_0 + Y_h}$$

Рис. 5.12. Електрична схема дотику людини до трифазної мережі з заземленою нейтраллю у аварійному режимі.

Висновки:

- напруга дотику у мережі з заземленою нейтраллю (аварійний випадок) залежно від Y_0 та $Y_{зм}$ міняється від фазового до лінійного значення;
- у реальних умовах опір $R_{зм}$ та R_0 , завжди більший нуля, тому напруга дотику завжди менша лінійної, але більша фазового значення.

Для трифазної мережі з ізолюваною нейтраллю Нормальний режим.

Дана мережа характеризується відсутністю нульового проводу та заземлення нейтралі трансформатора, тому провідності $Y_0 = Y_n = 0$. При дотику людини до фазного проводу 2 (рис. 5.13), вона попадає під напругу дотику

$$U_{dot} = U_{\phi} \frac{Y_2(1-a^2) + Y_3(1-a)}{Y_1 + Y_2 + Y_3 + Y_h}$$

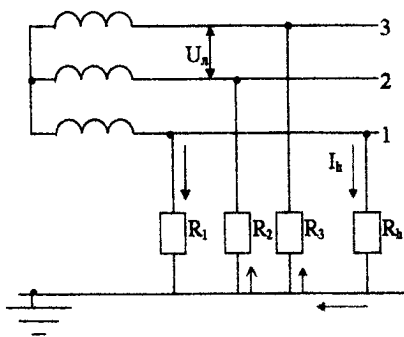


Рис. 5.13. Електрична схема дотику людини до фазного проводу трифазної мережі з ізолюваною нейтраллю

При $Y_1 = Y_2 = Y_3 = Y_{is}$

$$U_{dot} = U_{\phi} \frac{3Y_{is}}{3Y_{is} + Y_h}, \quad \text{так як } a^2 + a + 1 = 0.$$

Враховуючи, що $Y_{is} = 1/R_{is}$, $Y_h = 1/R_h$, вираз для напруги дотику набуде вигляду:

$$U_{np} = \frac{3U_{\phi}R_h}{R_{is} + 3R_h}.$$

Струм через людину

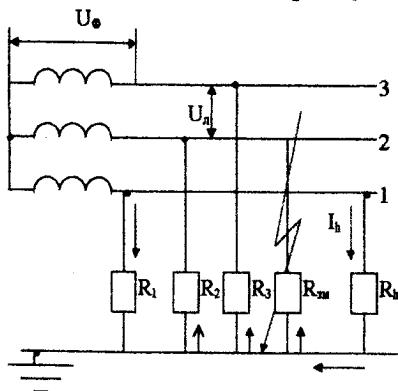
$$I_h = \frac{3U_\phi}{R_{\text{зо}} + 3R_h}$$

Висновки:

- Струм, що протікає по тілу людини, залежить від фазової напруги мережі, опору тіла людини та опору ізоляції мережі.
- Зменшити силу струму I_h можна, збільшивши опір ізоляції лінії або тіла людини.

Аварійний режим.

При замиканні фази 2 на землю (рис. 5.14.) через малий опір $R_{\text{зм}}$ провідності двох інших фаз можна прийняти рівними нулю ($Y_1=Y_2=0$). Тоді, підставивши у вираз напруги дотику для загального випадку ці значення, отримаємо наступну формулу:



$$U_{\text{дот}} = U_\phi \frac{Y_{\text{зм}}(1-a^2)}{Y_{\text{зм}} + Y_h}$$

Рис. 5.14. Електрична схема дотику людини до фазного проводу трифазної мережі з ізолюваною нейтраллю у аварійному режимі

При $R_{\text{зм}} \ll R_h$ $U_{\text{дот}} \approx U_\phi$.

Висновок При однополюсному дотику у мережі з ізолюваною нейтраллю при аварійному режимі роботи людина опиниться під напругою, яка в залежності від значення $R_{\text{зм}}$ змінюється від фазної ($R_{\text{зм}} \neq 0$) до лінійної ($R_{\text{зм}}=0$).

5.5. Аналіз небезпеки електричного замикання на землю

Електричне замикання на землю - це випадкове електричне з'єднання струмоведучих частин з землею або з неструмоведучими конструкціями чи предметами, які проводять електричний струм і неізолювані від землі.

У випадку замикання на землю або на корпус заземленого обладнання відбувається розтікання струму у землю (див. рис. 5.15). Розглянемо розподіл потенціалу у зоні розтікання струму I_3 з півкульового заземлювача у однорідному ґрунті з питомим опором ρ . Зоною розтікання струму вважається зона землі, за межами якої електричний потенціал, зумовлений струмами замикання на землю, може бути умовно прийнятий нулю. На практиці цю відстань приймають рівною 20 м.

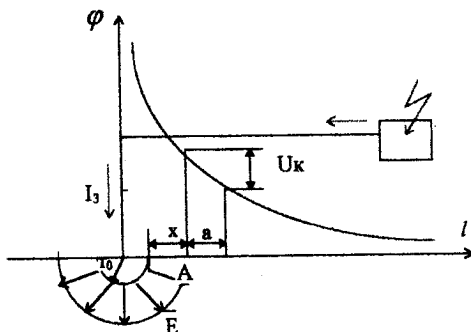


Рис. 5.15. Розподіл потенціалу основи при замиканні на землю

Падіння напруги у елементарному шарі dx

$$dU = Edx,$$

де $E = j \cdot \rho$ - напруженість електричного поля, В/м; ρ - питомий опір ґрунту, Ом·м.

Густина струму на відстані x від заземлювача (у точці А)

$$j = I_3 / 2\pi \cdot x^2,$$

де I_3 - струм замикання на землю; x - відстань від центру півсфери точки А.

Потенціал точки А на поверхні ґрунту (або напруга цієї точки відносно нескінченно віддаленої точки з нульовим потенціалом) визначається за виразом

$$\varphi_1 = \int_x^{20} dU = \int_x^{20} E dx = \frac{I_3 \cdot \rho}{2\pi \cdot x} = \frac{k}{x},$$

тобто потенціал точки по мірі віддалення її від землі зменшується за гіперболічним законом (рис. 5.15). Максимальний потенціал буде на поверхні заземлювача при $x=r_0$.

$$\varphi_* = \varphi_{\max} = \frac{I_3 \cdot \rho}{2\pi \cdot r_0} = I_3 \cdot R_3,$$

де r_0 - радіус заземлювача, м; $R_3 = \frac{\rho}{2\pi \cdot r_0}$ - опір розтікання (опір заземлювача), Ом.

В зоні розтікання струму людина може опинитись під різницею потенціалів, наприклад, на відстані кроку.

5.5.1. Напряга кроку

Напряга кроку - напряга між двома точками поверхні основи (різниці потенціалів точок дотику), що знаходяться одна від другої на відстані кроку, на яких одночасно стоїть людина (див. рис. 5.15).

$$U_k = \varphi_x - \varphi_{x+a} = \frac{I_3 \cdot \rho \cdot a}{2\pi x \cdot (x+a)} = \varphi_3 \beta_1,$$

де $\beta_1 = \frac{a^0}{x(x+a)}$ - коефіцієнт напруги кроку, який враховує форму потенційної кривої, a - відстань кроку. Для розрахунків величина відстані кроку приймається рівною 0,8 м. Враховуючи опір взуття $R_{вз}$ та опір розтікання струму з ніг людини R_n повний опір людини

$$R_{пов} = R_n + R_{вз} + R_n = R_n,$$

де

$\beta_2 = R_n / R_{пов}$ - коефіцієнт, що враховує падіння напруги у додаткових опорах ланцюгів людини. Тоді напряга кроку буде

$$U_k = \varphi_3 \cdot \beta_1 \beta_2.$$

Висновки.

- Напряга кроку залежить від ступеня віддаленості людини від заземлювача, крутизни потенційної кривої, опору взуття та основи на якій вона стоїть а також від відстані кроку.

- При замиканні на землю через корпус заземленого обладнання корпус також опиниться під потенціалом за-

землювача. У випадку дотику до корпусу людина опиниться під напругою дотику.

5.5.2. Напруга дотику

Напруга кроку - напруга (різниця потенціалів) між двома точками ланцюга струму (рука, нога), яких одночасно торкається людина (рис. 5.16).

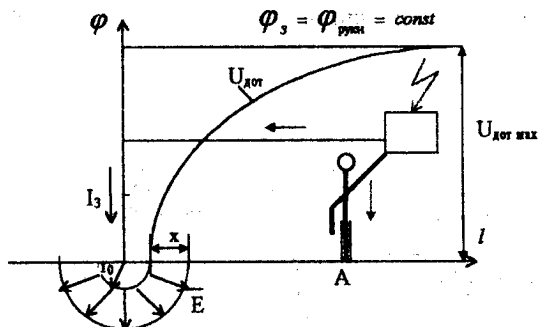


Рис. 5.16. Напруга дотику

Різниця потенціалів між корпусом електроустановки та точкою А, в якій знаходиться людина, буде

$$U_{\text{дот}} = \varphi_3 - \varphi_A = \frac{I_3 \cdot \rho \cdot x - r_0}{2\pi r_0} = \varphi_3 \alpha_1,$$

де $\alpha_1 = \frac{x - r_0}{x}$ - коефіцієнт напруги дотику - враховує форму потенційної кривої. Враховуючи опір взуття та розтікання струму з ніг, напруга дотику

$$U_{\text{дот}} = \varphi_3 \alpha_1 \frac{R_h}{R_{\text{пов}}} = \varphi_3 \alpha_1 \alpha_2,$$

де $\alpha_2 = \beta_2 = R_h / R_{\text{пов}}$.

Висновки. При віддаленні від заземлювача напруга дотику збільшується та досягає найбільшого значення при відстані більш 20 м від нього. При збільшенні опору взуття (використання діелектричних калос, ботів), опору основи, на якій стоїть людина (використання діелектричних килимів, підставок) напруга дотику зменшується. Напруга дотику зменшується практично до нуля при вирівнюванні потенціалів між точками дотику людини.

5.5.3. Нормування напруги дотику

Згідно з ДСТ 132.1.038-82 встановлюються гранично допустимі рівні напруги дотику та струму залежно від тривалості впливу, умов виконання робіт і режиму роботи електричних мереж. В табл. 5.2 приведені ці рівні при проходженні струму від однієї руки до другої та від руки до ніг при нормальному режимі електроустановок для мереж до 1000 В з будь-яким режимом нейтралі і вище з ізольованою нейтраллю.

Таблиця 5.2.

Нормована величина	Гранично допустимі рівні, не більше, при тривалості впливу струму, с.				
	0,1	0,5	0,9	1	більше 1
Змінний 50 Гц	0,1	0,5	0,9	1	більше 1
U, В	500	100	55	50	36
I, mA	500	100	55	50	6

Значення напруг та струмів для осіб, що виконують роботу в умовах високих температур (понад 25°C) та відносної вологості повітря (вище 75%), параметри нормуються у три рази менші.

5.6. Захист від враження електричним струмом

Класифікація захисних заходів

Безпека експлуатації електрообладнання забезпечується комплексом заходів, які можна поділити на три класи:

1. Технічні заходи захисту, які запобігають дотик людини до струмоведучих частин, що знаходяться під напругою.
2. Технічні заходи захисту, які знижують ступінь поразки людини при дотику його до струмоведучих частин, що знаходяться під напругою.
3. Організаційні заходи захисту

5.6.1. Технічні захисні заходи, які запобігають дотику людини до струмоведучих частин, що знаходяться під напругою

Дані заходи не допускають людину у небезпечну зону (простір), де діють небезпечні та шкідливі виробничі фактори. До них відносяться: огорожі, висота розміщення не огорожених струмоведучих частин, ізоляція струмоведучих частин, блокування, зорова інформація про небезпеку.

◆ Огорожі.

По конструктивному виконанню можуть бути суцільними, сітчастими та змішаними (сітчасті та змішані разом).

В установках до 1 кВ огорожі встановлюються, як правило, суцільним. Безпечна відстань між суцільною огорожею та неізольованими струмоведучими частинами згідно ПУЕ становить 5 см. Захисні огорожі повинні мати відповідні електричні та механічні властивості.

◆ Висота розміщення неогорожених струмоведучих частин.

Залежить від двох основних факторів:

- значення напруги та умов підготовки людей, які обслуговують або мешкають біля них. Так струмоведучі частини напругою до 1 кВ, у місцях проживання неелектротехнічного персоналу, розміщують на висоті не менше 3,5 м у приміщеннях, а на відкритій місцевості висота від проводів повітряної лінії напругою до 1 кВ до землі приймається не меншою 6 м.

◆ Ізоляція струмоведучих частин.

Основний засіб захисту від випадкового дотику людини до частин, які знаходяться під напругою. В електроустановках використовують такі види ізоляції:

робочу - забезпечує нормальну роботу електрообладнання та захист від поразки струмом;

додаткову - доповнює робочу у випадку її пошкодження;
подвійну - складається з робочої та додаткової (корпус, виконаний з матеріалу, що ізолює);

підсилену - поліпшена робоча, яка забезпечує такий же захист як і подвійна. Найбільш ефективна подвійна ізоляція. Величина ізоляції струмоведучих частин напругою до 1 кВ повинна бути не менше 0,5 Мом.

◆ Блокування.

Пристрій, який запобігає попаданню працюючих під напругу, яка є у небезпечній зоні, та забезпечує правильну послідовність дій з комутаційною апаратурою.

Завдяки використанню блокувань відбувається автоматичне відключення напруги у всіх елементах обладнання, наближення до якого небезпечно для людини.

По принципу дії блокувальні пристрої можуть бути: механічними, електричними (прямої та непрямої дії) та комбінованими.

Механічне блокування виконується завдяки замків, стопорів, защіпок та інших механічних пристосувань, які перешкоджають проникненню до струмоведучих частин, що знаходяться під напругою.

Електричним називається блокування, яке комутує блокувальні контакти безпосередньо у силовому ланцюзі (прямої дії рис. 5.17а) або у ланцюзі управління пускового апарату (непрямої дії рис 5.17.б).

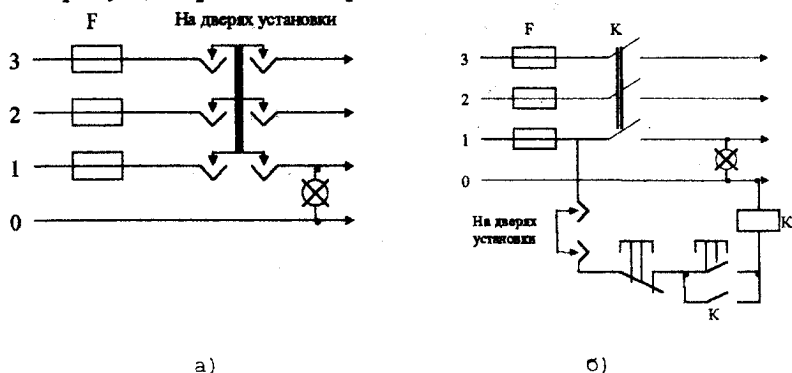


Рис. 5.17. Електричні схеми блокування:
а) прямої дії; б) непрямої дії

❖ Зорова інформація про безпеку

До неї входять: сигнальні кольори, світлова сигналізація, попереджувальні плакати та знаки безпеки, написи, символи, розпізнавальний колір ізоляції, маркіровка.

5.6.2. Технічні захисні заходи, що знижують ступінь ураження людини при дотику до струмоведучих частин

Основними такими заходами є: використання малих напруг, занулення, захисне заземлення, відключення, застосування електрозахисних засобів.

❖ Використання малих напруг

Малі напруги пропонується використовувати для живлення електричних споживачів малої потужності (ручна дрель, інструмент), для місцевого освітлення у небезпечних та особливо небезпечних приміщеннях.

Малою вважається напруга не більш 42 В для змінного струму та 110 В для постійного. Джерелом малих напруг можуть бути: акумулятори, понижуючі трансформатори напруги, блоки живлення постійного струму. Не дозволяється використовувати як джерело малої напруги автотрансформатори, активні, індуктивні та ємкісні опори, які знімають напругу за рахунок спадання на них напруги, якщо не забезпечується гальванічна розв'язка ланцюга. На рисунку 5.18 показані принципові схеми дотику людини до джерела малої напруги виконаного за допомогою трансформатору (а) та автотрансформатору (б)

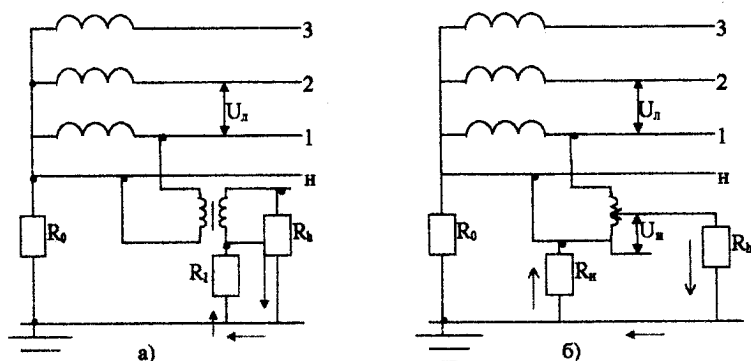


Рис. 5.18. Принципові схеми дотику людини до джерела малої напруги виконаного за допомогою трансформатору та автотрансформатору.

❖ Занулення

Є одним з основних заходів захисту у трифазних чотирипроводових мереж напругою до 1000 В від дотику людини до металевих частин електрообладнання, які можуть опинитися під напругою.

Занулення - навмисне з'єднання неструмоведучих металевих частин електричного обладнання, які можуть опинитись під напругою, з заземленою точкою джерела живлення через нульовий провід (рис. 5.19).

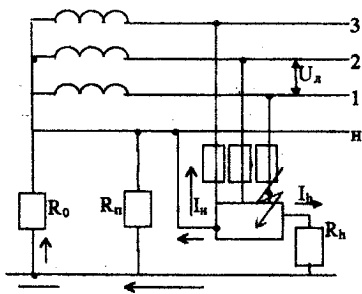


Рис. 5.19. Принципова схема занулення

Принцип дії занулення ґрунтується на тому, що замикання фази на корпус при зануленні перетворюється в однофазне коротке замикання, яке забезпечує спрацювання максимально струмового захисту М.С.З (у даному випадку виконана у вигляді плавких запобіжників) та автоматично відключає установку від мережі живлення.

Максимальний струмовий захист може бути виконаний у вигляді плавких запобіжників або автоматичних вимикачів. Швидкість відключення установки від електромережі складає 5-7 с. при захисті плавкими запобіжниками та 1-2 с. при захисті автоматами. В момент замикання корпусу як пошкодженої, так і непошкодженої електроустановки, з'єднаної з нульовим проводом мережі, остання опиниться під напругою. У випадку обриву нульового проводу ця напруга буде дорівнювати фазній напрузі. Для забезпечення безпеки занулення повинне задовольняти ряду вимог.

Вимоги до занулення

Для зменшення небезпеки у випадку обриву нульового проводу та зниження напруги на корпусі в момент короткого замикання виконують повторне заземлення нульового проводу. Повторне заземлення нульового проводу виконується на кінцях повітряних ліній (або відгалужень) довжиною більш ніж 200 м, а також на введеннях від повітряних ліній до електроустановок, які підлягають зануленню.

Опір заземлення нейтралі джерела живлення та повторного заземлення нормується ДСТ 12.1.030-81 залежно від значення напруги джерела струму. Так для трифазної мережі напругою 380 В загальний опір нейтралі трансформатора R_0 не повинне перевищувати 4 Ом, а для повторного

заземлення $R_{\Sigma} - 10 \text{ Ом}$, для мережі напругою 220 В відповідно 8 Ом та 20 Ом.

Загальний опір занулення повинен бути таким, щоб виконувалась умова для напруги дотику:

$$U_{\text{дот}} \leq U_{\text{гр. доп}},$$

де $U_{\text{гр. доп}}$ - гранично припустимий рівень напруги.

З метою забезпечення надійного автоматичного відключення пошкодженої установки струм замикання повинен перевищувати номінальний струм струмового захисту:

$$I_{\Sigma} \geq k \cdot I_{\text{ном}},$$

де $I_{\text{ном}}$ - номінальний струм М.С.З.;

k - коефіцієнт кратності струму:

$k = 3$ для плавких вставок;

$k = 1,4$ для автоматів з номінальним струмом до 100 А;

$k = 1,25$ для автоматів з номінальним струмом більше 100А.

В ланцюзі нульових захисних проводів не допускається включення запобіжників та інших роз'єднуючих пристосувань.

Недопустимо застосування вимикачів, які вимикають одночасно нульовий та фазний провід. Прикладом є використання триконтактних вилок та розеток. З'єднання нульового проводу з обладнанням виконується зварюванням або за допомогою болтів.

◆ **Захисне заземлення**

Захисне заземлення також як і занулення усуває небезпеку ураження людей електричним струмом при появі напруги на конструктивних частинах електрообладнання, тобто при замиканні на корпус. Є обов'язковим заходом захисту у мережах напругою до 1000 В з ізольованою нейтраллю та у мережах з заземленою нейтраллю при напрузі змінного струму 380 В та вище, при напругах більш 42 В - у приміщеннях з підвищеної небезпекою, особливо небезпечних, а також зовнішніх електроустановках. У вибухонебезпечних приміщеннях заземлення електроустановок виконується при будь-якій напрузі живлення.

Захисне заземлення - навмисне з'єднання неструмове-

дучих металевих частин електрообладнання, які можуть опинитись під напругою, з землею або її еквівалентом для захисту людей та тварин.

З'єднання металевих струмоведучих частин обладнання з землею здійснюється за допомогою заземлюючого пристрою. Заземлюючим пристроєм називається сукупність заземлювача (металевих провідників, що знаходяться у безпосередньому співдотyku з землею), та заземлюючих провідників, що з'єднують заземлюючі частини електроустановки з заземлювачем.

Принцип дії захисного заземлення (рис. 5.20) оснований на зниженні напруги відносно землі, зумовленої замиканням на корпус, до допустимих рівнів напруги дотику $U_{\text{дот}}$ та кроку $U_{\text{к}}$:

$$U_{\text{дот}} \leq U_{\text{гр. доп}}$$

$$U_{\text{к}} \leq U_{\text{к. доп}}$$

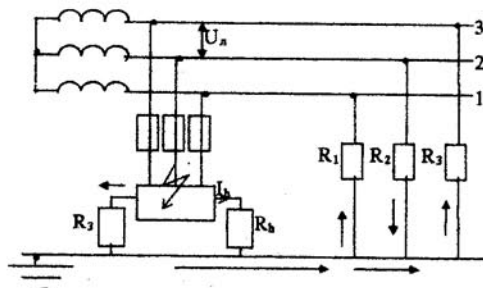


Рис. 5.20. Принципова схема захисного заземлення

Вимоги до заземлення

Згідно з ПУЕ в електроустановках напругою до 1000 В у мережі з ізольованою нейтраллю опір має бути не більшим 4 Ом. При потужності трансформаторів 100 кВА та менше, заземлюючі пристрої можуть мати опір не більше 10 Ом.

❖ Захисне відключення

Захисне відключення - швидкодіючий захист, що забезпечує автоматичне відключення електроустановок при виникненні в ній небезпеки поразки електричним струмом. Така небезпека може виникнути, зокрема, при замиканні фази на корпус електрообладнання, при зниженні опору ізоляції фаз відносно землі, нижче визначеної межі, при дотику людини до струмоведучої частини, що знаходиться

під напругою.

Захисне відключення застосовується у тих випадках, коли інші види захисту (заземлення, занулення і т.п.) не надійні, важко виконується або до безпеки обслуговування електроустановок застосовують підвищені вимоги. Залежно від вхідного сигналу відомі схеми захисного відключення на напругу корпусу відносно землі, на струм замикання на землю, на напругу та струм нульової послідовності, на напругу фази відносно землі.

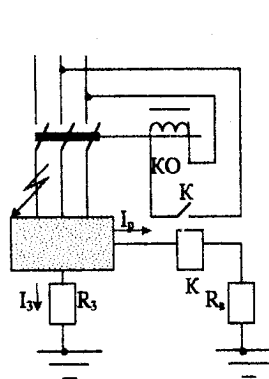


Рис 5.21. Устаткування захисного відключення, яке реагує на напругу на корпусі відносно землі

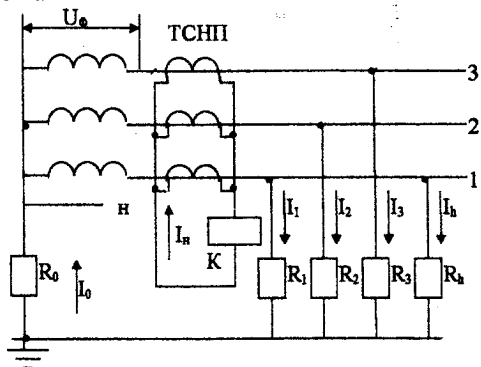


Рис. 5.22. Схема дії пристрою захисного вимкнення на струмі нульової послідовності

Основними частинами пристрою захисного відключення є прилад захисного відключення та автоматичний вимикач. Прилад захисного відключення - сукупність окремих елементів які реагують на зміну будь-якого параметра електричної мережі та дають сигнал на відключення автоматичного вимикача. Автоматичний вимикач - пристрій, який служить для відключення ланцюгів, що знаходяться під навантаженням та при короткому замиканні. Він повинен автоматично відключати електричний ланцюг при надходженні сигналу від приладу захисного відключення.

Широке застосування у мережах з ізольованою та заземленою нейтраллю знаходять пристрої захисного відключення на струмі нульової послідовності (рис. 5.21). Датчиком пристрою є трансформатор струму нульової послідовності (ТСНП) з магнітопроводом тороїдальної форми. Первинними обмотками ТСНП є фазні провідники, що проходять через вікно магнітопроводу. Вторинна обмотка рівномірно розміщена на магнітопроводі і реагує тільки на струми замикання у зоні захисту.

До дотику людини до фази цей струм дорівнював нулю, а при дотику - значенню струму, який проходить через людину.

Основні вимоги до пристрою захисного відключення - швидкодія ($t \leq 0,2$ с.), надійність, селективність, чутливість.

❖ Електрозахисні засоби

Електрозахисні засоби - вироби, які застосовуються для захисту людей, при роботі з електроустановками, від враження електричним струмом, впливу електричної дуги та електромагнітного поля.

За призначенням електрозахисні засоби діляться на: ізолюючі, огороджуючі та допоміжні.

Ізолюючі електрозахисні засоби - служать для ізоляції людини від струмоведучих частин.

В свою чергу вони підрозділяються на:

- Основні - ізоляція яких тривалий час витримує робочу

напругу та які дозволяють доторкатися до струмоведучих частин, що знаходяться під напругою.

Приклад: ізолюючі штанги, кліщі, діелектричні рукавиці і т.п.

- Додаткові - ізоляція яких не розрахована на робочу напругу, вони доповнюють основні, підсилюючи їх захисні властивості.

Приклад: діелектричне взуття, ізолюючі килимки.

Огороджуючі електрозахисні засоби - служать для тимчасової огорожі струмоведучих частин, а також захисту від помилкових операцій з комутаційною апаратурою.

Приклад: заземлюючі накладки, переносні огорожі.

Допоміжні - застосовуються для захисту від падіння з висоти, а також від світлових, теплових, механічних та хімічних впливів електроустановок.

Приклад: захисні окуляри, протигази, кігті, та ін.

5.6.3. Організаційні захисні заходи

Організаційні захисні заходи складаються з вимог до технічної експлуатації та технічної безпеки при організації обслуговування електричних мереж та електроустановок.

Вимоги до персоналу складаються з оцінки придатності персоналу при прийманні на роботу та періодичного медичного посвідчування.

До роботи в електроустановках допускаються особи старше 18 літнього віку, які пройшли інструктаж з правил техніки безпеки ТБ, перевірку знань правил ТБ та інструкцій у відповідності з займаною посадою і мають відповідну кваліфікаційну групу по ТБ (I-IV), стосовно до роботи яка виконується.

Організація робіт. Організаційними заходами, що забезпечують безпеку при виконанні робіт в електроустановках є: оформлення наряду, допуску до роботи, нагляд під час роботи, перерв та переведень на інші види робіт.

Відповідальним за безпеку роботи є: особа, що видає наряд або розпорядження і допускає до робіт, відповідальний керівник робіт, що спостерігає за роботою та члени бригади. Видачу нарядів та розпоряджень проводять особи, відповідальні за електрогосподарство підприємства, що мають не нижче четвертої кваліфікаційної групи для роботи з електроустановками напругою до 1000 В.

Технічні заходи проводяться при проведенні робіт зі зняттям напруги у діючих електроустановках або поблизу них: відключення установки, механічне запирання приводу комутаційних апаратів, зняття запобіжників, встановлення знаків безпеки, огорож робочого місця та знаків безпеки.

Основи пожежної безпеки

6.1. Загальні відомості про процес горіння. Пожежа

Пожежа на підприємствах представляє серйозну небезпеку та вважається одною з основних причин нещасних випадків, причиняє величезний матеріальний збиток.

Пожежа - неконтрольований процес горіння, який супроводжується знищенням матеріальних цінностей та створює небезпеку для життя людей.

Небезпечними факторами при пожежі є:

- відкритий вогонь та іскри;
- підвищена температура повітря, предметів і т.п.;
- дим;
- обвал та ушкодження будинків, споруд;
- вибухи.

В основі явищ, що відбуваються при пожежі, лежить **горіння** - хімічна реакція окислення, яка швидко протікає і супроводжується інтенсивним виділенням теплоти та світла.

Для виникнення горіння необхідна наявність трьох факторів:

- 1 - горюча речовина (бензин, керосин ..),
- 2 - окислювач (кисень, азот і т.п.),
- 3 - джерела загорання (відкритий вогонь, іскра).

Процес виникнення горіння ділиться на декілька видів: спалах, самозагорання, самоспалах, вибух та детонація.

Спалах - швидке згорання горючої суміші, що не супроводжується створенням стислих газів.

Температура спалаху, $T_{сп}$ - найменша температура горючої речовини, при якій створюється над його поверхнею пари або гази, здатні спалахнути у повітрі при піднесенні джерела запалювання, при цьому швидкість утворення парів або газів ще недостатня для виникнення стійкого горіння.

Займання - загорання, що супроводжується появою полум'я (загорання - виникнення горіння при дії джерела запалювання).

Температура займання - найменша температура, при якій речовина виділяє таку кількість парів або газів та з такою швидкістю, що вони спалахують від джерел запалювання та продовжують стійко горіти.

Самозагорання - загорання речовин при відсутності джерела запалювання.

Самозагорання може бути тепловим - при впливу зовнішнього нагріву речовини, мікробіологічним - за рахунок самонагрівання під впливом життєдіяльності мікроорганізмів у речовині (торф, вугілля, тирса і т. ін.) та хімічним - внаслідок хімічного впливу різних речовин.

Самоспалах - це самозагорання, що супроводжується появою полум'я.

У виробничих умовах можуть самозайматися: дерев'яна стружка, промаслена ганчірка.

Температура самозаймання - найменша температура речовини, при якій відбувається різке збільшення екзотермічних реакцій, що приводять до виникнення горіння полум'ям.

Вибух - це швидке хімічне перетворення речовини (вибухове горіння), що супроводжується виділенням енергії та утворенням стислих газів.

Детонація - передача теплоти від шару до шару завдяки розповсюдженню ударної хвилі.

Причини виникнення пожежі

Пожежа на підприємстві може виникнути з причин неелектричного та електричного характеру.

До причин неелектричного характеру відноситься:

- необережне та халатне поводження з вогнем (куріння, розігрівання агрегатів відкритим вогнем);
- несправність обладнання та порушення технологічних процесів (розгерметизація обладнання, систем, що виділяють пил, газу, пари);
- експлуатація несправних опалювальних та вентиляційних систем;
- самозагорання (самоспалах) речовин.

До причин електричного характеру відносяться:

- коротке замикання і несправність електрообладнання;
- перевантаження, великі перехідні опори;
- іскріння та електричні дуги;
- загорання матеріалу внаслідок статичної електрики, грозових розрядів.

6.2. Характеристика речовин за пожежо- та вибухонебезпекою

Пожежо- та вибухонебезпека речовин визначається: групою горючості, температурою займання, температурою спалаху, мінімальною енергією запалювання, нижньою та верхньою межею спалаху і т.п.

По горючості речовини діляться на три групи: негорючі, важкогорючі та горючі.

Негорючі - речовини, які не здатні горіти у повітрі нормального складу при температурі до 900 °С.

Важкогорючі - речовини, що загоряються, під дією джерела запалювання у повітрі нормального складу, але не здатні до самостійного горіння.

Горючі - речовини, здатні загорятися від джерела запалювання у повітрі нормального складу та продовжувати горіти після його віддалення.

За агрегатним станом горючі речовини, які використовуються на виробництві, діляться на:

- газоподібні (речовини, абсолютний тиск парів яких при температурі 50 °С рівний або вищий 300 кПа);
- рідкі (речовини з температурою плавлення не більш 50 °С);
- тверді (теж з температурою плавлення більше 50 °С) та пилові (тверді речовини з розмірами часток менше 850 мкм).

Горючі речовини діляться на:

Легкозаймисті (здатні займатися від короткочасного впливу джерела запалювання з низькою енергією: полум'я сірника, іскри і т.п.).

Середньозаймисті (здатні займатися від тривалого впливу джерела запалювання з низькою енергією).

Важкозаймисті (здатні займатися тільки під дією потужного джерела запалювання).

Поняття легкозаймисті перед усім відноситься до горючих рідин. До легко горючих рідин відносяться рідини з температурою спалаху у закритому тигелі не вище 61 °С або у відкритому не вище 66 °С.

Залежно від температури самоспалаху розрізняють 6 груп вибухонебезпечних сумішей газів та парів з повітрям. Основними показниками вибухонебезпеки горючих газів та пилу є нижні та верхні концентраційні межі займання (вибуху), виражені у об'ємних частках компонента у суміші (%) чи у масових концентраціях (мг/м³). Найбільш вибухонебезпечні пили з нижньою концентрацією

межі займання до 15 г/м^3 . Найбільш пожежонебезпечним є пил з температурою спалаху до $250 \text{ }^\circ\text{C}$.

При проектуванні та будівництві виробничих будинків та споруд необхідно враховувати їх категорію по пожежній безпеці.

6.3. Класифікація виробництв та зон по пожежо- та вибухонебезпеці

Згідно ЗНТП 24-84 ("Загальносоюзні норми технологічного проектування") залежно від характеристики речовин, що використовуються чи отримуються у виробництві та їх кількості по вибухопожежонебезпечності приміщення та виробництва діляться на 5 категорій:

А, Б, В, Г та Д.

Категорії А і Б - вибухопожежонебезпечні.

Категорія А - виробництва, пов'язані з використанням паливних газів та легко спалахуючих рідин, з температурою спалаху $T_{сп} \leq 28^\circ\text{C}$ у кількостях, які після вибуху створюють надлишковий тиск більше 5 кПа (виробництва, де використовують чи зберігають у великій кількості ацетон, ефір, спирти і т.п.).

До категорії В належать виробництва, пов'язані з використанням горючого пилу або волокна, рідин, які легко спалахують і мають температуру спалаху $T_{сп} > 28^\circ\text{C}$ з тією ж межею надлишкового тиску, що і категорія А (відділення виготовлення пластмасових виробів, приміщення промивки кerosином чи скипидаром, склади кerosину чи скипидару і т.п.).

До категорії В (пожежонебезпечні) відносяться виробництва, де застосовуються горючі та важкогорючі рідини, пили та тверді горючі матеріали та речовини, які при взаємодії з водою, повітрям або одного з другим здатні тільки горіти з температурою $T_{сп} > 61 \text{ }^\circ\text{C}$ (обробка деревини, пластмас, фарбувальні цехи, склади фарб, картону та мастильних матеріалів і т.п.).

До категорії Г - виробництва, пов'язані з обробкою негорючих речовин та матеріалів у гарячому або розплавленому стані (литейні, кувальні відділення, газо- та електрозварювальні відділення, котельні і т.п.).

До категорії Д входять виробництва, пов'язані з обробкою негорючих речовин у холодному стані (ремонтно-

механічні цеха та майстерні з холодною обробкою металів і т.п.).

Враховуючи категорію приміщень по пожежовибухонебезпеці, ПУЕ в свою чергу ділить приміщення на дві зони:

пожежонебезпечну та вибухонебезпечну.

Пожежонебезпечна зона - простір всередині або поза приміщенням, у межах якого постійно або періодично знаходяться горючі речовини, як при нормальному технологічному процесі, так і при його порушенні.

Пожежонебезпечна зона ділиться у свою чергу на 4 класи:

П-I, П-II, П-IIa, П-III, які характеризуються місцем положення (I - II в середині приміщення, III поза приміщенням), температурою спалаху, характером горючих речовин (горючі рідини I, горючий пил або волокно II, горючі речовини IIa).

Вибухонебезпечна зона - приміщення або зовнішня електроустановка, де є або можуть утворюватися вибухонебезпечні суміші.

Вибухонебезпечна зона ділиться на 6 класів:

B-I, B - Ia, B-Ib, B-Iг, B-II та B-IIa.

Дані зони характеризуються:

- можливістю утворення вибухонебезпечних сумішей газів або рідин з повітрям при нормальному технічному процесі (B-I) або внаслідок аварій чи несправностей (B-Ia); B-Ib - теж саме що і B-Ia тільки відрізняється одою особливістю: горючі гази мають високу нижню межу загорання і різкий запах при граничнодопустимих концентраціях; B-Iг - простір у зовнішніх установках;

- можливістю виділення горючого пилу, який може утворювати з повітрям вибухонебезпечні суміші при нормальних режимах роботи електрообладнання (B-II) чи тільки при аваріях (B-IIa).

6.4. Вогнестійкість будинків та споруд

Ступінь вогнестійкості будинків та споруд характеризується межею вогнестійкості їх огорожуючих та несучих конструкцій.

Згідно БНІП 2.01.02-85 будинки та споруди діляться на 5 ступенів вогнестійкості: I, II, III, IIIa, IIIb, IV, Iva, V.

Ступінь вогнестійкості визначається в залежності від мінімальної межі вогнестійкості основних будівельних конструкцій, тобто часу, по закінченню якого конструкція втрачає свою несучу або огорожуючу функцію. Значення мінімальної межі вогнестійкості для стін в залежності від ступеня вогнестійкості приведені у табл. 6.1.

Таблиця 6.1

Ступінь вогнестійкості будинків	Мінімальні межі вогнестійкості будівельних конструкцій, год			
	Стіни			
	несучі	самонесучі	зовнішні несучі	перегороджі
I	2,5	1,25	0,5	0,5
II	2	1	0,25	0,25
III	2	1	0,25;0,5	0,25
IIIa	1	0,5	0,25	0,25
IIIб	1	0,5	0,25;0,5	0,25
IV	0,5	0,25	0,25	0,25
IVa	0,5	0,25	0,25	0,25
V	Не нормуються			

Вибір ступеня вогнестійкості будинків і споруд, допустиму кількість поверхів і допустиму площу поверху між протипожежними стінами установлюють в залежності від категорії виробництва. Так, для категорії виробництва А, В будинок повинен бути не нижче I та II ступеня вогнестійкості, а кількість поверхів не більше шести, причому площа поверху між протипожежними стінами не обмежується. Для виробництв категорій В при I та II ступеня вогнестійкості допускається будувати будинки до восьми поверхів.

6.5. Заходи пожежної безпеки

Для попередження пожежі проводяться організаційні, технічні, експлуатаційні та режимні заходи.

До організаційних заходів відносяться:
навчання працюючих правилам пожежної безпеки, проведення інструкцій, бесід, лекцій та ін.

До технічних - дотримання протипожежних правил та норм при устаткуванні опалення, вентиляційного обладнання.

До експлуатаційних - заходи, які передбачають правильну експлуатацію машин, обладнання, транспорту, правильне утримання будинків та території.

До заходів режимного характеру відноситься заборона куріння у невстановлених місцях, виробництва зварних робіт у пожежонебезпечних зонах і т.п.

Первинні та автоматичні засоби гасіння пожеж

Залежно від обставин, гасіння пожежі можна досягти такими методами:

- усунути доступ в зону горіння окислювача;
- охолодити зону горіння до температури нижче температури самозагорання;
- розмішати горючі речовин негорючими;
- інтенсивно гальмувати швидкість хімічних реакцій у полум'ї;
- механічно відірвати полум'я струменя газів та води.

За цими принципами і засновані засоби гасіння пожеж. Всі підприємства згідно з правилами повинні бути забезпечені первинними засобами гасіння, внутрішніми пожежними кранами, ручними вогнегасниками, діжками з водою, скриньками з піском, ручним пожежним інструментом та пожежним інвентарем.

Вогнегасники по виду рідини, яка гасить полум'я, діляться на хімічні, пінні, повітряпінні, вуглекислотні, рідинні, аерозольні та порошкові.)

В приміщеннях А, Б, та В використовуються стаціонарні автоматичні установки пожежогасіння, які діляться на аерозольні, рідинні, водні (спринклерні та дренчарні) та парові.

На рис. 6.1. показана схема водноспринклерної системи, яка складається з пристроїв, які подають воду у водонапірний бак, магістральних та розподільчих мереж, спринклерних головок, які автоматично відкриваються при підвищеній температурі.

Спринклерні голівки виконують скляні або металеві з легкоплавкого замка. При температурі 72 - 182 °С замок розплавляється і голівка, яка постійно заповнена водою, відкривається.

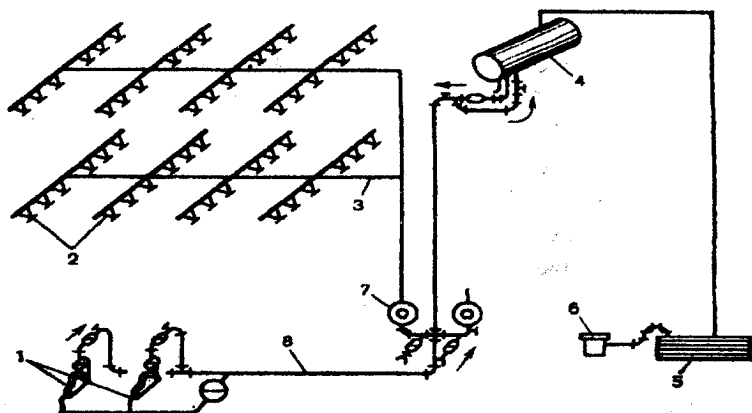


Рис. 6.1. Схема спринклерної системи

- 1- насоси; 2- спринклери; 3- мережа трубопроводів;
 4- водяний бак; 5- повітряний бак; 6- компресор; 7- сигнальний клапан;
 8- магістральний трубопровід.

Дренчарна система - подібна спринклерній, але дренчарні голівки постійно відкриті, вода подається вручну або автоматично при спрацюванні спеціальних пристроїв, наприклад, електрична система з легкоплавкими замками, які знаходяться на водопроводі.

ЛИТЕРАТУРА

1. Долин П. А. Основы техники безопасности в электроустановках. - М.: Энергоатомиздат, 1984. - 448 с.
2. Ткачук К. Н. и др. Охрана труда и окружающей среды в радиоэлектронной промышленности. - К.: Вища школа, 1988. - 240 с.
3. Павлов С.П., Губонина З. И. Охрана труда в приборостроении. М. - Высшая школа, 1986. - 216 с.
4. ГОСТ 12.0.003-79. ССБТ. Опасные и вредные производственные факторы. Классификация. - М., 1979.
5. ГОСТ 12.1.005-88. ССБТ. Воздух рабочей зоны. Общие санитарно-гигиенические требования. - М., 1988.
6. ГОСТ 12.1.012-90. ССБТ. Вибрационная безопасность. Общие требования. - М., 1990.
7. ГОСТ 12.1.001-89. ССБТ. Ультразвук. Общие требования безопасности. - М., 1989.
8. ГОСТ 22269-76. СЧМ. Рабочее место оператора. Взаимное расположение рабочего места. Общие эргономические требования. - М., 1977.
9. ГОСТ 21829-76. СЧМ. Кодирование зрительной информации. Общие эргономические требования. - М., 1977.
10. Правила устройства электроустановок (ПУЭ). - М.: Энергоатомиздат, 1987. - 648 с.
11. Правила техники безопасности при эксплуатации электроустановок - 2-е изд., перераб. и доп. - М. Энергоатомиздат, 1988 - 144 с.
12. СН 245-71. Санитарные нормы проектирования промышленных предприятий. - М., 1971.
13. СН-512-78 Инструкция по проектированию зданий и помещений для электронно-вычислительных машин. - М.: Госстрой СССР, 1979.
14. СН 3223-85. Санитарные нормы допустимых уровней шума на рабочих местах. - М., 1985.
15. СНиП II-4-79 Естественное и искусственное освещение. - М.: Госстрой СССР, 1980
16. СНиП 2.01.02-85. Противопожарные нормы. - М.: ЦИТП Госстроя СССР, 1986.

17. СНиП 2.04.05-86. Отопление, вентиляция и кондиционирование. -М.: ЦИПТ Госстроя СССР, 1988.
18. СНиП 2.09.02-85. Производственные здания. -М.; ЦИПТ Госстроя СССР, 1986.
19. ОНТП 24-86. Определение категорий помещений и зданий по взрывоопасной и пожарной опасности. - МВД СССР. -М., 1986.
20. Безопасность производственных процессов. Справочник. Под ред. Белова С.В. -М.: Машиностроение, 1985. -448 с.
21. Пожарная безопасность. Взрывобезопасность. Справочник. Под ред. Баратова А.Н. -М.: Химия, 1987. -270 с.
22. Сборник противопожарных норм и правил. Сост. Денисенко В. В. - К.: Будівельник, 1990, -384 с.
23. Вентиляция и кондиционирование воздуха. Справочник проектировщика под ред. Староверова И.Г. -М.: Стройиздат, 1977.
24. Сердюк В.Р. Збірник законодавчих і нормативних актів з питань охорони праці. Навч. посібник. - В.:Континент-ПРИМ,1995.-232с.

Розділ 1.**Загальні положення. Правові та організаційні основи охорони праці**

1.1. Предмет та зміст курсу. Основні терміни та визначення.....	3
1.2. Правові та організаційні основи охорони праці.....	5
1.3. Нагляд та контроль за станом охорони праці.....	7
1.4. Розслідування та облік нещасних випадків.....	8
1.5. Профілактика травматизму.....	9

Розділ 2**Виробнича санітарія**.....

2.1. Мікроклімат виробничих приміщень та його нормування.....	12
2.2. Шкідливі речовини повітря робочої зони. Нормування.....	12
2.3. Вентиляція виробничих приміщень.....	13
2.3.1. Природна вентиляція.....	14
2.3.2. Загальнообмінна механічна вентиляція.....	15
2.3.3. Розрахунок необхідного повітрообміну при загальнообмінній вентиляції.....	19
2.3.3. Розрахунок необхідного повітрообміну при загальнообмінній вентиляції.....	23

Розділ 3.**Виробниче освітлення**.....

3.1. Вплив освітлення на здоров'я людини та його продуктивність.....	27
3.2. Основні світлотехнічні величини та поняття.....	28
3.3. Класифікація видів та систем виробничого освітлення.....	30
3.4. Основні вимоги до виробничого освітлення.....	32
3.5. Нормування освітлення.....	34
3.6. Розрахунок природного освітлення.....	35
3.7. Проектування та розрахунок штучного освітлення виробничих приміщень.....	36

Розділ 4.**Виробничий шум, ультразвук, інфразвук та вібрація**

4.1. Фізична природа. Джерела коливань.....	43
4.2. Основні фізичні характеристики шуму.....	44
4.3. Нормування шуму.....	46
4.4. Нормування ультразвуку.....	47
4.5. Нормування інфразвуку.....	47
4.6. Захист від шкідливого впливу шуму, інфразвуку та ультразвуку.....	48

4.7. Основні фізичні характеристики вібрації та вплив її на людину.....	48
Захист від вібрації.....	50
Розділ 5.	
Електробезпека	
5.1. Дія електричного струму на організм людини.....	51
5.2. Фактори, впливаючі на наслідки ураження електричним струмом.....	52
5.3. Класифікація електричних мереж, що застосовуються у промисловості.....	53
5.4. Аналіз умов безпеки експлуатації електричних мереж.....	57
5.4.1. Аналіз умов безпеки експлуатації однофазних мереж.....	58
5.4.2. Аналіз умов безпеки експлуатації трифазних мереж.....	62
5.5. Аналіз небезпеки електричного замикання на землю.....	67
5.5.1. Напруга кроку.....	68
5.5.2. Напруга дотику.....	69
5.5.3. Нормування напруги дотику.....	70
5.6. Захист від ураження електричним струмом.....	70
5.6.1. Технічні захисні заходи, що запобігають дотик людини до струмоведучих частин, що знаходяться під напругою.....	71
5.6.2. Технічні захисні заходи, що знижують ступінь ураження людини при дотику до струмоведучих частин.....	72
Використання малих напруг.....	73
Занулення.....	73
Захисне заземлення.....	75
Захисне відключення.....	76
Електрозахисні засоби.....	78
5.6.3. Організаційні захисні заходи.....	78
Розділ 6	
Основи пожежної безпеки	
6.1. Загальні відомості про процес горіння. Пожежа.....	80
6.2. Характеристика речовин за пожежо- та вибухонебезпекою.....	82
6.3. Класифікація виробництв та зон по пожежо- та вибухонебезпеці.....	83
6.4. Вогненестійкість будинків та споруд.....	84
6.5. Заходи пожежної безпеки.....	85
ЛІТЕРАТУРА.....	88

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ УКРАЇНИ
ВІННИЦЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Навчальне видання
БОНДАРЕНКО Євген Аркадійович

ОХОРОНА ПРАЦІ
Навчальний посібник

Редактор Т. А. Ягельська

Тираж 50 прим.
ВДТУ, 286021, м. Вінниця, Хмельницьке шосе, 95
