

Міністерство освіти і науки України
Чернівецький національний університет
імені Юрія Федьковича

ОХОРОНА ПРАЦІ
В ПРОМИСЛОВОМУ ВИРОБНИЦТВІ

Навчальний посібник

Чернівці
„Рута”
2008

УДК 613.6 (075.8)
О-924
ББК 51.245/246я73

Друкується за ухвалою редакційно-видавничої ради
Чернівецького національного університету
імені Юрія Федьковича

О-924 Охорона праці в промисловому виробництві: Навчальний посібник/ Укл.: Грушка О.Г., Грушка З.М. – Чернівці: Рута, 2008. - 80 с.

У виданні висвітлено правові й нормативні основи охорони праці, обґрунтовано потенціальні небезпеки в промисловому виробництві і вплив різних небезпечних і шкідливих факторів на організм людини, а також розглянуто організаційні та технічні методи профілактики виробничого травматизму, професійних захворювань і отруєнь.

Для студентів фізичних та інженерно-технічних спеціальностей вищих навчальних закладів, зокрема, напрямків підготовки „Електротехніка та електротехнології”, „Електронні пристрої та системи”.

ББК 51.245/246я73

© “Рута”, 2008

ЗМІСТ

1. Основні поняття і визначення охорони праці	5
1.1. Наукове і технічне забезпечення охорони праці	5
1.2. Структура й завдання охорони праці	6
2. Правові й нормативні основи охорони праці	7
2.1. Основи законодавства про охорону праці	7
2.2. Нормативно-технічна документація	10
3. Виробничий травматизм і професійні захворювання	11
3.1. Небезпечні й шкідливі виробничі фактори	11
3.2. Причини травматизму й захворюваності на виробництві	11
4. Виробнича санітарія	16
4.1. Метеорологічні умови у виробничих приміщеннях	16
4.2. Контроль параметрів мікроклімату виробничих приміщень	19
4.3. Контроль забруднень повітря пилом, парами й газами	20
5. Виробниче освітлення	21
5.1. Параметри виробничого освітлення	21
5.2. Типи виробничого освітлення	23
5.3. Джерела штучного світла	25
6. Виробничі механічні коливання пружних середовищ	26
6.1. Захист від шуму	26
6.2. Захист від ультразвуку	29
6.3. Захист від інфразвуку	31
6.4. Захист від вібрації	32
7. Виробничі випромінювання	33
7.1. Захист від іонізуючих випромінювань	33
7.2. Захист від рентгенівського випромінювання	39
7.3. Захист від лазерного випромінювання	41
7.4. Захист від ультрафіолетового випромінювання	46
7.5. Захист від інфрачервоного випромінювання	48

7.6. Захист від електромагнітних полів	51
8. Електробезпека	56
8.1. Дія електричного струму на організм людини	56
8.2. Класифікація електроустановок і приміщень	60
8.3. Умови ураження людини електричним струмом	61
8.4. Небезпека замикання на землю в електроустановках	62
8.5. Забезпечення електробезпеки	64
8.6. Електрозахисні заходи й пристрої	69
8.7. Допомога при попаданні людини під напругу	70
9. Основи пожежної безпеки	71
9.1. Причини пожеж	71
9.2. Суть процесу горіння	72
9.3. Показники джерел запалювання	75
9.4. Засоби гасіння пожеж	75
Список літератури	79

1. ОСНОВНІ ПОНЯТТЯ І ВИЗНАЧЕННЯ ОХОРОНИ ПРАЦІ

1.1. Наукове і технічне забезпечення охорони праці

Охорона праці – це система законодавчих, організаційних, соціально-економічних, технічних, гігієнічних і лікувально-профілактичних заходів і засобів, що забезпечують безпеку, збереження здоров'я й працездатності людини в процесі роботи.

Охорона праці займається проблемами, які потребують застосування досягнень соціально-правових наук, ергономіки, наукової організації праці, технічної естетики, соціальної й інженерної психології, а також технічних наук. Охорона праці використовує інженерні рішення, що запобігають нещасним випадкам, травмам і професійним захворюванням.

Головним **об'єктом** охорони праці є людина в процесі праці, і тому вимоги виробничої санітарії ґрунтуються на досягненнях медичних і біологічних дисциплін: фізіології і психології праці, промислової токсикології, професійної патології.

Велике значення має наукова організація праці, метою якої є розробка й впровадження в практику раціонально побудованого трудового процесу, який забезпечує не тільки високу якість продукції й продуктивність праці, але й створює умови для збереження здоров'я працівників на період трудової діяльності.

Охорона праці пов'язана з ергономікою. **Ергономіка** (від грецьких слів *ergon* – робота і *nomos* – закон) – це наука, яка вивчає закономірності взаємодії людини з технічними засобами й навколишнім середовищем. Завданням ергономіки є підвищення ефективності діяльності людини при збереженні здоров'я і всебічному розвитку особистості. Людина, машина і середовище розглядаються в ергономіці як складне функціонуюче ціле, в якому провідна роль належить людині.

Ергономіка використовує **основи інженерної психології**, яка вивчає закономірності взаємодії людини й техніки з урахуванням психологічних властивостей людини-оператора, і з цього погляду інженерна психологія виступає як один із напрямків ергономіки.

Ергономіка проектує доцільні види діяльності, формує вимоги до технічних засобів і до професійного навчання, визначає приховані причини, які можуть привести до нещасних випадків і професійних захворювань; розв'язує питання забезпечення

безпеки машин, механізмів і іншого обладнання. Ергономіка робить значний внесок у розв'язання одного з найважливіших завдань охорони праці – переходу від техніки безпеки до безпечної техніки, отже, реалізації **концепції „абсолютної безпеки”**, на якій в усіх країнах будувалися нормативи безпеки. Для цього впроваджувались додаткові технічні пристрої – інженерні системи безпеки, розроблялись організаційні заходи, що забезпечують високий рівень дисципліни, суворий регламент роботи тощо. Вважалося, що такий підхід може передбачити будь-яку небезпеку для людей і навколишнього середовища. До останнього десятиліття цей підхід себе виправдовував, але сьогодні через надзвичайне ускладнення виробництва і появу принципово нових технологій концепція „абсолютної безпеки” стала суперечити внутрішнім законам технічного розвитку. Ці закони мають імовірнісний характер, і нульова імовірність небезпеки досягається лише в системах, позбавлених запасу енергії. На інших об'єктах (а таких більшість) збої й аварії все одно можливі, їх не виключають навіть надто дорогі інженерні рішення. У зв'язку з цим все більшого значення набуває **теорія ризику**, основним завданням якої є визначення „слабких ланок” у технологічних ланцюжках і потенційних небезпек, а також шляхів максимального зменшення негативних наслідків.

Важливе значення для охорони праці має **технічна естетика**, яка, використовуючи досягнення теорії й практики художнього конструювання, створює найліпші умови праці, побуту й відпочинку людей. Від умов праці залежить її ефективність, співвідношення між затратами праці і її результатами. Це зумовлює все більший зв'язок охорони праці з **економікою**.

Велике значення для попередження травм і професійних захворювань має раціональна організація виробництва й праці. Одним із компонентів організації праці є трудова дисципліна, яка необхідна для підвищення ефективності праці, а також для запобігання нещасним випадкам і аваріям.

1.2. Структура й завдання охорони праці

Охорона праці передбачає вивчення й визначення нормативів здорових і безпечних умов праці, а також розробку методів

організації цих умов. До загальних розділів охорони праці належать: 1. Законодавство про охорону праці; 2. Виробнича санітарія й гігієна; 3. Техніка безпеки; 4. Пожежна охорона.

У законодавстві про охорону праці відображені законодавчі заходи, які забезпечують робітникам і службовцям безпечні умови праці, а також організація нагляду за виконанням законів і правил щодо охорони праці. *Виробнича санітарія й гігієна* вивчає й розробляє заходи, які запобігають професійним захворюванням, травматизму і усувають шкідливі фактори, а також займається питаннями щодо організації медичної допомоги. *Техніка безпеки* розробляє методи й засоби, застосування яких попереджує нещасні випадки. *Пожежна охорона* займається питаннями попередження пожеж і засобами ліквідації пожеж, що виникли.

Завдання охорони праці:

1. Наукове обґрунтування потенційних небезпек.
2. Розроблення технічних методів профілактики виробничого травматизму, професійних захворювань і отруєнь.

2. ПРАВОВІ Й НОРМАТИВНІ ОСНОВИ ОХОРОНИ ПРАЦІ

2.1. Основи законодавства про охорону праці

Законодавство про охорону праці базується на положеннях, закріплених Конституцією України, і на Законі України про охорону праці, введеного в дію 14 жовтня 1992 р.

Закон України про охорону праці визначає основні положення конституційного права громадян на охорону їх життя і здоров'я в процесі трудової діяльності, регулює питання безпеки, гігієни праці та виробничого середовища.

Дія закону поширюється на всі підприємства, установи й організації (Розд.1) незалежно від форм власності та видів їх діяльності, на усіх громадян, які працюють на цих підприємствах. Законодавство про охорону праці складається з Закону про працю, Кодексів законів про працю та інших нормативних актів.

Закон гарантує права громадян на охорону праці (Розд.2). Умови праці на робочому місці повинні відповідати вимогам нормативних актів про охорону праці. Усі працівники підлягають обов'язковому соціальному страхуванню від нещасних випадків і професійних захворювань. Працівники мають право на пільги й

компенсації за важкі та шкідливі умови праці. Передбачається видача спецодягу, засобів індивідуального захисту, змиваючих та знешкоджуючих засобів. У разі пошкодження їх здоров'я власник зобов'язаний відшкодувати потерпілим. Закон охороняє працю жінок і неповнолітніх. Забороняється застосування праці осіб до 18 років на важких роботах і на роботах зі шкідливими або небезпечними умовами праці, а також на підземних роботах.

Власник зобов'язаний створити умови праці відповідно до вимог нормативних актів, а також забезпечити додержання прав працівників згідно із законодавством про охорону праці (Розд.3). Працівник повинен знати й виконувати правила техніки безпеки, правила поведінки з машинами, устаткуванням та іншими засобами виробництва, користуватися засобами індивідуального захисту. Обов'язковими є медичні огляди, а також інструктаж працівників (навчання) з питань охорони праці, надання першої медичної допомоги потерпілим від нещасних випадків, вивчення правил поведінки при виникненні аварій. Особи, які не пройшли навчання, інструктаж і перевірку знань з охорони праці, до роботи не допускаються. Міністерство освіти України організовує вивчення основ охорони праці в усіх навчальних закладах системи освіти. Фінансування охорони праці здійснюється власником. Працівник не повинен нести ніяких витрат на заходи щодо охорони праці. На підприємствах, у галузях і на державному рівні створюються фонди охорони праці. Такі ж фонди створюються органами місцевого й регіонального самоврядування для потреб регіону. Служба охорони праці на підприємстві створюється власником. Типове положення про цю службу затверджується Державним комітетом України по нагляду за охороною праці. Обов'язковим є додержання вимог щодо охорони праці при проектуванні, будівництві та реконструкції підприємств, об'єктів і засобів виробництва. Машини, механізми, устаткування, транспортні засоби й технологічні процеси повинні мати сертифікати, що засвідчують безпеку їх використання. Забороняється застосовувати у виробництві шкідливі речовини, на які не розроблені граничнодопустимі нормативи (концентрації) і які не пройшли токсикологічну експертизу.

Обов'язковим є розслідування та облік нещасних випадків, професійних захворювань і аварій.

Передбачено (Розд.4) економічне стимулювання охорони праці із застосуванням заохочень за активну участь у здійсненні заходів щодо підвищення безпеки й поліпшення умов праці, а також застосування штрафних санкцій до підприємств, організацій та установ. За порушення нормативних актів про охорону праці, невиконання розпоряджень посадових осіб органів державного нагляду підприємства, організації, установи можуть притягатися до сплати штрафів. Штрафи надходять до фондів охорони праці.

Розроблено (Розд.5) державні міжгалузеві та галузеві акти про охорону праці. Акти – це правила, стандарти, норми, положення, інструкції та інші документи, яким надано чинність правових норм, обов’язкових для виконання.

Державне управління охороною праці (Розд.6) здійснюють: Кабінет міністрів України, Державний комітет по нагляду за охороною праці, Міністерства та інші центральні органи державної виконавчої влади, місцева державна адміністрація, місцеві Ради народних депутатів. При Кабінеті міністрів працює Національна рада з питань безпеки життєдіяльності населення. Державний комітет по нагляду за охороною праці розробляє програму поліпшення безпеки, гігієни праці та виробничого середовища й контролює її виконання. Міністерство праці України здійснює державну експертизу умов праці, контроль за якістю проведення атестації робочих місць щодо їх відповідності нормативним актам. Місцеві державні адміністрації та Ради народних депутатів забезпечують реалізацію державної політики в галузі охорони праці, організують при необхідності аварійно-рятувальні формування, здійснюють контроль за додержанням нормативних актів про охорону праці.

Державний нагляд (Розд.7) за додержанням законодавчих та інших нормативних актів про охорону праці здійснюють: Державний комітет України по нагляду за охороною праці, Державний комітет України з ядерної і радіаційної безпеки, органи Державного пожежного нагляду управління пожежної охорони Міністерства внутрішніх справ України, органи та заклади санітарно-епідеміологічної служби Міністерства охорони здоров’я України. Вищий нагляд за додержанням і правильним застосуванням законів здійснюється Генеральним прокурором України і підпорядкованими йому прокурорами. Органи

державного нагляду за охороною праці не залежать від будь-яких господарських органів, громадських і політичних об'єднань, місцевих державних адміністрацій і Рад народних депутатів. Державні інспектори мають право: безперешкодно в будь-який час перевіряти підприємства на дотримання законодавства про охорону праці; зупиняти експлуатацію підприємств, виробництв, цехів, робочих місць і обладнання до усунення порушень вимог щодо охорони праці, які створюють загрозу життю або здоров'ю працюючих; притягати до адміністративної відповідальності працівників, винних у порушенні законодавчих та інших нормативних актів про охорону праці; передавати матеріали органам прокуратури для притягання винних посадових осіб до кримінальної відповідальності.

Громадський контроль (Розд.7) за додержанням законодавства здійснюють: трудові колективи, профспілки через обраних ними уповноважених, які мають право перевіряти стан умов і безпеки праці на виробництві, вносити пропозиції з питань охорони праці.

За порушення законодавства про охорону праці (Розд.8) винні працівники притягаються до відповідальності: дисциплінарної, адміністративної, матеріальної, кримінальної.

2.2. Нормативно-технічна документація

Нормативно-технічна документація з охорони праці поділяється на: Системи стандартів безпеки праці ССБП (державні, галузеві, підприємств); Будівельні норми і правила БНіП; Санітарні норми і правила СНіП; Правила техніки безпеки і виробничої санітарії; інструкції; укази і керівні технічні матеріали; положення, постанови, директивні й методичні листи.

Найбільше значення серед цих документів мають Системи стандартів безпеки праці ССБП, які являють собою комплекс взаємозв'язаних стандартів, спрямованих на забезпечення безпеки праці. ССБП визначають вимоги, що висуваються до техніки (машин, механізмів, устаткування), а також до речовин, матеріалів, сировини, виробничого середовища, технологічних процесів, засобів колективного й індивідуального захисту. ССБП встановлюють загальні вимоги щодо забезпечення радіаційної безпеки, пожежної і електробезпеки; визначають норми

освітленості, граничнодопустимі концентрації шкідливих речовин, рівні забруднення, запиленості, шуму, вібрації, ультразвуку, електромагнітних випромінювань тощо.

3. ВИРОБНИЧИЙ ТРАВМАТИЗМ І ПРОФЕСІЙНІ ЗАХВОРЮВАННЯ

3.1. Небезпечні й шкідливі виробничі фактори (НШВФ)

Небезпечним називається виробничий фактор, дія якого на працюючого за певних умов спричинює травми або раптове погіршення здоров'я. Якщо виробничий фактор приводить до захворювання або до зниження працездатності, то цей фактор вважають шкідливим.

Згідно з ССБП „Небезпечні і шкідливі виробничі фактори. Класифікація”, ці фактори поділяються на чотири групи: фізичні, хімічні, біологічні, психофізіологічні.

До фізичних НШВФ належать: машини, механізми, які рухаються, рухомі частини обладнання, конструкції, що руйнуються, гірські породи, що обрушуються; підвищена запиленість і загазованість повітря робочої зони; підвищені рівні шуму, надмірна вологість, підвищений рівень іонізуючих випромінювань; підвищена напруженість електричного й магнітного полів; недостатня освітленість, пульсація світла тощо.

До хімічних НШВФ належать різні хімічні речовини, які класифікуються за ступенем і характером дії на організм людини.

До біологічних НШВФ належать патогенні мікроорганізми (бактерії, віруси, гриби, простіші), які викликають інфекційні захворювання, а також макроорганізми (рослини і тварини).

До психофізіологічних НШВФ належать фізичні (статичні й динамічні) і нервово-психічні перенавантаження (розумове й емоційне перенавантаження, монотонність праці).

3.2. Причини травматизму й захворюваності на виробництві

Будь-яке ігнорування дії різних небезпечних і шкідливих виробничих факторів на людину може спричинити травми, нещасні випадки або професійні захворювання. До основних причин виробничого травматизму і захворюваності належать:

1. Організаційні: неправильна організація праці, відсутність або неякісне проведення навчання, відсутність нагляду за виконанням робіт, залучення неспеціалістів, неузгодженість дій працюючих.
2. Технічні: конструктивні недоліки й технічна недосконалість виробничого обладнання та технологічного процесу, відсутність засобів безпеки (блокувальних пристроїв, загорож, заземлень).
3. Санітарно-гігієнічні: несприятливі метеорологічні умови, недодержання норм освітлення, забруднення повітряного середовища, використання шкідливих речовин і випромінювань, відсутність або незадовільний медичний огляд.
4. Психофізіологічні: фізичні, нервово-емоційні перенапруження.

Травмою називається порушення анатомічної цілісності або фізіологічних функцій тканин або органів людини, які викликані дією небезпечного виробничого фактора. Це поняття містить в собі поняття нещасний випадок – раптове пошкодження організму під дією факторів виробничого середовища.

У залежності від типу дії виробничого фактора травми поділяють на: механічні (ушиби, переломи, рани), теплові (опіки, обмороження, теплові удари), хімічні (хімічні опіки, гостре отруєння, задуха), електричні, радіаційні, комбіновані. За ступенем тяжкості травми поділяють на легкі, важкі й смертельні.

Професійним захворюванням називається захворювання, яке розвивається під дією на працівника шкідливих виробничих факторів, зокрема шкідливих речовин.

Шкідливими називаються речовини, які при контакті з організмом людини можуть викликати професійні захворювання або відхилення в стані здоров'я, що виявляються як у процесі праці, так і життя теперішнього й майбутнього поколінь.

Шкідливі речовини можуть потрапляти в організм людини через органи дихання, шлунково-кишковий тракт, а також через шкіряні й слизові оболонки. Окремим випадком професійного захворювання є професійне отруєння. Отруєння можуть бути гострими й хронічними. Гострі отруєння виникають швидко при наявності відносно високих концентрацій шкідливих речовин (газів, парів). Хронічні отруєння розвиваються поступово внаслідок накопичення токсичних речовин в організмі людини.

За характером дії на організм людини шкідливі речовини поділяють на: токсичні, подразні, сенсibiliзуючі, канцерогенні,

мутагенні, такі, що впливають на репродуктивну функцію.

До загальнотоксичних речовин належить більшість хімічних речовин, наприклад, ароматичні вуглеводневі сполуки (бензол, толуол, нітробензол, анілін). Сильною токсичністю володіють ртутьорганічні сполуки, тетраетил свинець, фосфорорганічні сполуки, хлористі вуглеводні (тетрахлорид вуглецю, дихлоретан).

Подразною дією володіють кислоти, луги, а також хлор-, фтор-, сірко- і азотомісткі сполуки (аміак, сірководень, оксиди сірки й азоту), які викликають запальну реакцію і в першу чергу пошкоджують органи дихання, слизові оболонки очей і шкіру.

Сенсибілізуючі речовини, один раз потрапивши в організм, викликають у ньому підвищену чутливість до цієї речовини. При наступному, навіть короткочасному, контакті з цією речовиною у людини виникають бурхливі реакції, які виявляються найчастіше у змінах на шкірі, як астматичні явища, у захворюваннях крові. Такими речовинами є сполуки ртуті, альдегіди (формальдегід).

Канцерогенні речовини, потрапивши в організм людини, викликають розвиток злоякісних пухлин. До них належать ароматичні вуглеводні, які входять до складу сирої нафти й утворюються при термічній переробці горючих копалин (нафти, вугілля, деревини, сланців) або при неповному їх згорянні; продукти нафтохімічної промисловості (мазут, гудрон, бітум, мастила, сажа) та аніліно-фарбової промисловості й пил азбесту.

Отрути з мутагенною активністю впливають на генетичний апарат зародкових і соматичних клітин організму (соматичні – це нервові, кісткові, м'язові, секреторні клітини). Мутації в цих клітинах приводять до їх загибелі або до функціональних змін, що викликає зниження загальної опірності організму, раннє старіння, а також тяжкі захворювання. Вплив мутагенних речовин може відбитися на потомстві (не завжди першого, а можливо, другого і третього покоління). Мутагенною активністю володіють іприт, етиленамін, уретан, формальдегід, азотиста кислота тощо.

До речовин, які впливають на репродуктивну функцію (функцію відтворення потомства), належать бензол, сірковуглець, хлоропрен, свинець, отрутохімікати, нікотин, сполуки ртуті.

Існують і інші класифікації шкідливих речовин, наприклад, за дією на певні органи: кров'яні отрути, печінкові тощо; за величиною смеральної дози. За ступенем дії на організм людини

шкідливі речовини поділяються на чотири класи:

1. Речовини надзвичайно небезпечні: ртуть, свинець, фосген.
2. Речовини дуже небезпечні: оксиди азоту, бензол, марганець, сірководень, їдкі луги, хлор.
3. Речовини помірно небезпечні: ацетон, ксилол, сірчаний ангідрид, метиловий спирт.
4. Речовини малонебезпечні: аміак, бензин, скипидар, етанол, оксид вуглецю тощо.

Треба пам'ятати, що великі концентрації малонебезпечних речовин можуть викликати тяжкі отруєння й навіть смерть.

Виробничий пил є дуже поширеним і шкідливим виробничим фактором. Він здійснює подразний, токсичний і фіброгенний вплив. Пил деяких речовин і матеріалів (скловолокно, слюда) подразнює верхні дихальні шляхи, слизову оболонку очей. Пил токсичних речовин (свинцю, хрому, берилію та ін.), потрапляючи через легені в організм людини, чинить характерний для них токсичний вплив у залежності від їх фізичних, хімічних і фізико-хімічних властивостей. Фіброгенною називається така дія пилу, при якій у легенях відбувається розростання сполучної тканини, яка порушує нормальну їх будову й функції.

Ступінь дії пилу визначається його дисперсністю (розміром частинок пилу). Найбільшу фіброгенну активність має пил з розміром частинок менше ніж 5 мкм. Чим менше розмір частинок пилу, тим глибше вони проникають у легені й довше там затримуються. Ступінь небезпеки пилу також залежить від форми частинок, їх твердості, волокнистості й електростатичності.

Виробничий пил може викликати бронхіти, астму, пневмонії, знижувати захисні властивості організму. Під впливом пилу виникають захворювання очей (кон'юнктивіт) і шкіри (дерматит).

Для профілактики професійних захворювань велике значення має граничнодопустима концентрація ГДК шкідливих речовин в повітрі робочої зони – концентрація, яка при роботі протягом 8 годин або при іншій тривалості (але не більше 41 години на тиждень) за період усього робочого стажу не може викликати захворювання або відхилення в стані здоров'я працюючого. При одночасному вмісті в повітрі кількох шкідливих речовин сума відношень фактичних концентрацій кожної із них (C_1 , C_2 ... C_n) до їх ГДК ($ГДК_1$, $ГДК_2$... $ГДК_n$) не повинна перевищувати

одиницю $C_1/ГДК_1 + C_2/ГДК_2 + \dots + C_n/ГДК_n \leq 1$.

Для захисту від шкідливих речовин велике значення мають засоби індивідуального захисту (ЗІЗ), які поділяються на засоби захисту органів дихання, спецодяг, спецвзуття, засоби захисту рук, голови, обличчя, очей, захисні дерматологічні засоби.

Засоби індивідуального захисту органів дихання ЗІЗ ОД призначені для захисту від дії шкідливих газів, парів, диму й пилу, які присутні в повітрі робочої зони, а також для забезпечення киснем при нестачі його в навколишній атмосфері.

ЗІЗ ОД поділяють на протигази, респіратори, пневмошлеми, пневмомаски. За принципом дії ЗІЗ ОД бувають фільтруючі й ізолюючі. Фільтруючі ЗІЗ ОД не можна використовувати у випадку наявності в повітрі невідомих речовин і при великому вмісті шкідливих речовин (більше 0,5% за об'ємом), а також при зменшеному вмісті кисню (менше ніж 18% при нормі 21%). У цих випадках необхідно застосовувати ізолюючі ЗІЗ ОД.

Протиаерозольні фільтруючі респіратори бувають двох типів: патронні, в яких лицева частина й фільтруючий елемент виділені в окремі самостійні вузли, і фільтр-маски, в яких фільтруючий елемент одночасно є і лицевою маскою. За способом вентиляції простору під маскою протиаерозольні респіратори бувають безклапанні і клапанні. За умовами експлуатації розрізняють респіратори одноразового й багаторазового використання.

Добрими захисними й експлуатаційними властивостями володіє фільтруючий безклапанний респіратор ШБ-1 „Пелюстка”, який має три модифікації: „Пелюстка-200”, „Пелюстка-40”, „Пелюстка-5”. Цифри 200, 40, 5 означають, що респіратори призначені для захисту від аерозолів при їх концентраціях у повітрі, які перевищують ГДК у 200, 40 і 5 разів відповідно.

До спецодягу належать куртки, комбінезони, халати, фартухи, жилети, рукавиці, нарукавники, головні убори.

Спецвзуття (чоботи, ботфорти, черевики, туфлі) забезпечує захист працюючих від механічних травм, хімічних і теплових опіків, низьких і високих температур, пилу, вологи й шкідливих речовин. До засобів захисту рук від дії шкідливих виробничих факторів, які викликають травмування шкіряного покриву й шкіряні захворювання, належать рукавиці, напальчники, мазі і пасти. Для захисту очей від частинок пилу, брызок кислот, лугів,

спиртів та інших хімічних речовин застосовують окуляри, які бувають відкритого й закритого типів. До засобів захисту обличчя належать ручні, наголовні і універсальні щитки, які захищають обличчя і прилеглі частини тіла людини.

4. ВИРОБНИЧА САНІТАРІЯ

4.1. Метеорологічні умови у виробничих приміщеннях

Метеорологічні умови (мікроклімат) виробничого приміщення визначаються наступними параметрами: температурою повітря, швидкістю його руху, відносною вологістю, атмосферним тиском, тепловим випромінюванням від нагрітих поверхонь.

Параметри мікроклімату можуть змінюватись у широких межах, водночас необхідною умовою життєдіяльності організму людини є збереження температури тіла. Усі життєві процеси в організмі супроводжуються утворенням теплоти, кількість якої змінюється в залежності від метеорологічних умов і ступеня фізичного навантаження – від 75 ккал/год (в стані спокою) до 400 ккал/год (при важкій роботі). При сприятливих параметрах мікроклімату людина відчуває стан комфорту, що є важливою умовою ефективності праці й запобігання захворюванням. При відхиленні метеорологічних параметрів від оптимальних в організмі для підтримки постійної температури тіла починають відбуватися відповідні процеси. Здатність організму людини зберігати сталу температуру тіла називається терморегуляцією. При температурі повітря в межах від 15 до 25 °C виділення тепла організмом людини знаходиться на приблизно постійному рівні. При низькій температурі повітря утворення теплоти підвищується за рахунок м'язової активності (яка виявляється у вигляді тремтіння) і підсилення обміну речовин. При підвищенні температури повітря підсилюються процеси тепловіддачі, які здійснюється в основному трьома шляхами: конвекцією, тепловим випромінюванням і випаровуванням. У цьому випадку умова теплового балансу визначається виразом

$$G = G_k + G_{\text{тв}} + G_{\text{в}},$$

де G_k – тепло, що відводиться конвекцією; $G_{\text{тв}}$ – тепло, що відводиться за рахунок теплового випромінювання; $G_{\text{в}}$ – тепло, яке відводиться за рахунок випаровування.

Перевага того чи іншого процесу тепловіддачі залежить від параметрів мікроклімату, зокрема від температури повітря. При температурі 20 °С у стані теплового комфорту тепловіддача конвекцією складає 25 – 30%, тепловим випромінюванням – 45%, випаровуванням – 20 – 25%. При температурі повітря 30 °С віддача теплоти випаровуванням дорівнює сумі віддач теплоти конвекцією й випромінюванням. При температурі 36 °С і більше віддача теплоти відбувається повністю за рахунок випаровування.

При випаровуванні 1 г води організм втрачає близько 2,5 кДж теплоти. При нормальних умовах із піотом організм втрачає за добу близько 0,6 літрів рідини. При важкій роботі й температурі повітря 30 °С кількість втраченої рідини може досягати 10 літрів.

Дія надмірного тепла викликає реакцію всього організму людини. При температурі повітря більше 30 °С і значному тепловому випромінюванні від нагрітих поверхонь порушується терморегуляція організму, що може привести до перегрівання організму, особливо, коли втрата поту наближується до 5 літрів. З'являються слабкість, головний біль, шум у вухах, нудота, підвищення температури тіла. Пульс частішає, артеріальний тиск спочатку зростає, а потім спадає. У тяжких випадках настає тепловий, а при роботі на відкритому повітрі – сонячний удар.

Шкідливі для організму не тільки високі, а й низькі температури. Місцеве й загальне переохолодження організму є причиною багатьох захворювань: міозитів, невритів, радикулітів. При переохолодженні знижується частота серцевих скорочень і гальмуються процеси в корі головного мозку, що призводить до зниження працездатності. У тяжких випадках дія низьких температур може спричинити обморожування і навіть смерть.

Вологість повітря визначається вмістом у ньому водяних парів. Розрізняють абсолютну, максимальну й відносну вологості. Абсолютна вологість (А) – це наявна маса водяних парів, яка міститься в певному об'ємі повітря, максимальна вологість (М) – максимально можливий вміст водяних парів у повітрі при даній температурі (в стані насичення). Відносна вологість (В, %) – відношення абсолютної вологості А до максимальної М $V = (A/M) \cdot 100\%$. Оптимальна відносна вологість: 40 – 60%. При вологості більше 75% утруднюється терморегуляція організму внаслідок гальмування процесу відведення надлишкової теплоти

через випаровування. При вологості менше 25% пересихають слизові оболонки дихальних шляхів.

Важливим параметром є рухливість повітря. Найменша відчутна швидкість руху повітря становить 0,1 м/с. Повільне надходження свіжого повітря сприяє хорошему самопочуттю й підвищенню працездатності. Водночас велика швидкість руху повітря, особливо в умовах низьких температур викликає збільшення тепловтрат конвекцією й призводить до сильного переохолодження організму. У зимовий період року швидкість руху повітря не повинна перевищувати 0,5 м/с, влітку – 1 м/с.

Атмосферний тиск впливає на парціальні тиски основних компонентів повітря – кисню й азоту і таким чином - на процеси дихання. Діяльність людини може відбуватися в досить широкому діапазоні тисків 550-950 мм.рт.ст. Однак для здоров'я людини небезпечна швидка зміна тиску, а не сама його величина. Швидка зміна тиску всього на кілька мм.рт.ст. порівняно з нормальним (760 мм.рт.ст.) викликає хворобливі відчуття.

При встановленні оптимальних параметрів метеорологічних умов для виробничого приміщення, Санітарними нормами (СН) враховуються наступні фактори:

1. Час року: а) холодний і перехідний періоди з середньодобовою температурою зовнішнього повітря нижче $+10^{\circ}\text{C}$; б) теплий період з середньодобовою температурою $+10^{\circ}\text{C}$ і вище.
2. Категорія роботи. Усі роботи за важкістю поділяються на три категорії: а) легкі роботи (затрати енергії менше 150 ккал/год), наприклад в точному приладобудуванні й машинобудуванні; б) роботи середньої важкості (затрати енергії від 150 до 250 ккал/год) у термічних, прокатних, механізованих ливарних цехах; в) важкі роботи (затрати більше 250 ккал/год), до яких належать роботи, пов'язані із систематичними фізичними напруженнями й перенесенням (більше 10 кг) важких речей.
3. Характеристика теплонадлишків у виробничих приміщеннях, які поділяються на приміщення з незначним надлишком тепла, яке поступає за годину в розрахунку на 1 м^3 , – $20\text{ ккал}/(\text{м}^3 \cdot \text{год})$, і зі значним надлишком тепла – більше $20\text{ ккал}/(\text{м}^3 \cdot \text{год})$.

Теплонадлишки – це кількість тепла, яка поступає в приміщення після здійснення технологічних і будівельних заходів щодо їх зменшення. Величина теплонадлишків визначається на

основі балансу тепла в приміщенні за формулою

$$G_{\text{над}} = \Sigma G - \Sigma G_{\text{вив}},$$

де ΣG – сумарна кількість тепла, що надходить у приміщення;
 $\Sigma G_{\text{вив}}$ – сумарна кількість тепла, що виводиться із приміщення за рахунок витягування вентиляцією.

Враховуючи перелічені фактори, визначаються норми температури, відносної вологості й швидкості руху повітря. Наприклад, для легкої роботи, що виконується в приміщенні з незначними теплонадлишками в холодний період року, допустимі наступні параметри: температура 17 – 22 °С, відносна вологість – не більше 75%, швидкість руху повітря – не більше 0,3 м/с.

4.2. Контроль параметрів мікроклімату виробничих приміщень

Температура повітря у виробничих приміщеннях не є постійною величиною, тому вимірювання здійснюються термометрами в кількох точках приміщення на робочих місцях на відстані 1,3 – 1,5 м від підлоги й не ближче 1м від джерел тепла, а також від зовнішніх стін.

Відносна вологість повітря вимірюється за допомогою психрометрів. Найпростіший із них (психрометр Августа) складається із двох термометрів – сухого й вологого. Ртутний резервуар вологого термометра обгорнутий клаптиком марлі або батисту з кінцем, зануреним у склянку з водою. У цього термометра температура нижче, ніж у сухого, оскільки вода, випаровуючись, віднімає теплоту. Чим менша вологість повітря, тим сильніше випаровується вода й відповідно меншу температуру показує вологий термометр. Вологість визначається за різницею показів сухого й вологого термометрів.

Швидкість руху повітря. Для її визначення від 0,4 до 10 м/с застосовують крильчасті анемометри, а для швидкостей повітря від 1 до 35 м/с – чашкові анемометри. Крильчастий анемометр складається з колеса з алюмінієвими крилами, розташованими під кутом 45 градусів до площини, перпендикулярної до осі колеса. Вісь колеса з'єднана з лічильником обертів. За числом обертів за одиницю часу визначається швидкість руху повітря, потік якого, проходячи через колесо, змушує його обертатися. Рух колеса

передається стрілці, яка переміщується по циферблату. У чашковому анемометрі крила замінені чашечками.

Інтенсивність теплового випромінювання вимірюється актинометрами, дія яких полягає в поглинанні променистої енергії й перетворенні її в теплову енергію, кількість якої реєструється різними способами, наприклад, за ступенем нагрівання чорної поверхні, яка поглинає радіацію.

4.3. Контроль забруднень повітря пилом, парами, газами

Для контролю вмісту шкідливих речовин у повітрі виробничого приміщення застосовують лабораторні і експресно-індикаторні методи.

Лабораторні методи. До основних лабораторних методів належать калориметричний і спектральний. Суть їх в тому, що відбирається проба повітря в робочій зоні, а її аналіз здійснюється в лабораторних умовах. За калориметричним методом наявність домішок в повітрі визначається на основі результатів вимірювань кількості теплоти, що виділяється або поглинається під час різних процесів і реакцій. Спектральний аналіз – це метод якісного й кількісного визначення складу речовини за оптичними спектрами.

В експресно-індикаторних методах для швидкого визначення ступеня забруднення повітря використовують кольорові реакції, які відбуваються в невеликих об'ємах високочутливої рідини або твердої речовини, насиченої індикатором. Наприклад, силікагель або фарфоровий порошок, насичений індикатором, поміщають до скляної трубочки, через яку пропускають певний об'єм повітря. У залежності від ступеня забруднення повітря порошок фарбується в колір певної інтенсивності, порівнюючи який зі шкалою, визначають вміст шкідливої речовини в повітрі. Індикаторні методи аналізу використовуються для виявлення надзвичайно шкідливих речовин (ртуті, ціаністих сполук). Якщо повітря забруднено кількома шкідливими речовинами, то для визначення якісного й кількісного складу газової суміші використовують універсальні газоаналізатори.

Контроль запиленості повітря здійснюється ваговим або гравіметричним методом, який заснований на принципі одержання додаткової ваги фільтра при пропусканні через нього

повітря певного об'єму. Для цього зважують спеціальний фільтр до і після пропускання через нього запиленого повітря, а потім підраховують масу пилу в мг в одиниці об'єму. Дисперсність (розміри) і форма частинок пилу, який попередньо осаджують на предметне скло, визначаються за допомогою мікроскопа.

5. ВИРОБНИЧЕ ОСВІТЛЕННЯ

5.1. Параметри виробничого освітлення

Відчуття світла при дії його на очі людини викликають електромагнітні хвилі оптичного діапазону. Видима частина цих випромінювань знаходиться в діапазоні довжин хвиль від 380 до 760 нм. Кожній довжині хвилі відповідає певний колір від фіолетового (380 – 450нм) до червоного (620 – 760нм). Суміш хвиль різних довжин створює так зване біле світло.

До основних параметрів, які характеризують світло, належать світловий потік, сила світла, освітленість і яскравість.

Світловим потоком Φ називається потік променевої енергії, який оцінюється оком за світловим відчуттям. Одиницею світлового потоку є люмен (лм). Люмен – це світловий потік, який випромінюється точковим джерелом світла силою в одну канделу в тілесному куті в один стерадіан.

Сила світла I характеризує просторову густину світлового потоку. Одиницею сили світла є кандела (кд). Кандела – це така сила світла, яка випромінюється з поверхні площею $1/60000 \text{ м}^2$ світлового еталона при температурі 2042К.

Освітленість E характеризує поверхневу густину світлового потоку й визначається відношенням світлового потоку Φ , який падає на поверхню, до площі S цієї поверхні $E=\Phi/S$. Освітленість не залежить від властивостей освітленої поверхні, її форми, кольору. Одиницею освітленості є люкс (лк). Один люкс дорівнює освітленості поверхні площею в 1 м^2 , по якій рівномірно розподілений світловий потік, що дорівнює 1 лм ($\text{лк}=\text{лм}/\text{м}^2$). Освітленість поверхні Землі в місячну ніч складає приблизно 0,2 лк, а в сонячний день доходить до 100000 лк.

Яскравість L . Основне значення для зору має не освітленість поверхні, а світловий потік, який відбивається від цієї поверхні й потрапляє на зіницю ока. Яскравістю називається величина, яка

дорівнює відношенню сили світла I , яке випромінюється елементом поверхні S в даному напрямку, до площі проекції цієї поверхні на площину, перпендикулярну до цього напрямку

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

де α – кут між даним напрямком і нормаллю до площини, яка світиться. Одиницею яскравості є нт ($\text{нт} = \text{кд}/\text{м}^2$). Наприклад, аркуш білого паперу, який освітлений настільною лампою потужністю 60 Вт, має яскравість 30 – 40 нт.

Світловий потік, що падає на тіло, частково відбивається, частково поглинається, частково пропускається тілом. Коефіцієнт відбивання R – це відношення відбитого тілом світлового потоку Φ_R до падаючого світлового потоку Φ : $R = \Phi_R / \Phi$.

Світло є природною умовою нашого існування. Воно впливає на стан психічних функцій і фізіологічні процеси в організмі. Хороше освітлення діє тонізуюче, створює добрий настрій, поліпшує процеси вищої нервової діяльності. У залежності від спектрального складу світло може діяти збуджуючи і підсилювати відчуття тепла (оранжево-червоне) або, навпаки, може заспокоювати (жовто-зелене) або підсилювати гальмуючі процеси (синє-фіолетове). Збільшення освітленості підвищує продуктивність праці. При поганому освітленні людина швидко втомлюється, продуктивність падає, зростає небезпека нещасних випадків. Погане освітлення може привести до очних захворювань, таких як міопія (короткозорість), порушення акомодатії (приспосовування до чіткого бачення предметів, що знаходяться на різних відстанях від ока, за допомогою зміни кривизни кришталика ока), порушення адаптації (зміни чутливості ока в залежності від дії на нього подразника, яка зумовлена зміною діаметра зіниці ока).

Гігієнічні вимоги до виробничого освітлення:

1. Спектральний склад світла, створеного штучними джерелами, повинен наближатися до сонячного.
2. Рівень освітленості повинен відповідати гігієнічним нормам, які враховують умови зорової роботи.
3. Рівень освітленості повинен бути рівномірним і стійким, щоб запобігти частій переадаптації і втомлюваності зору.
4. Освітлення не повинно створювати відблисків як самих джерел

світла, так і від інших предметів у межах робочої зони.

5.2. Типи виробничого освітлення

Освітлення може здійснюватися природними і штучними джерелами світла. Природне освітлення здійснюється через вікна. Для характеристики освітлення використовують коефіцієнт природної освітленості (П), який дорівнює відношенню освітленості природним світлом всередині приміщення до освітленості зовнішньої горизонтальної поверхні, яка освітлюється дифузним світлом відкритого небозводу (але не прямим сонячним світлом) і виражається в процентах

$$П = (E_v / E_z) \cdot 100\%,$$

де E_v – внутрішня освітленість, E_z – зовнішня освітленість.

Природна освітленість зменшується при забрудненні скляних поверхонь світлових отворів, а також стін і стелі. Тому необхідно регулярно очищувати скло й робити побілку.

Будівельними нормами і правилами (БНіП) встановлено вісім розрядів зорових робіт – від робіт найвищої точності (1 розряд) до робіт, пов'язаних із загальним спостереженням за ходом виробничого процесу (8 розряд). При виконанні зорових робіт 1 і 2 розрядів, тобто для високоточних робіт, застосовують суміщене освітлення, при якому використовується штучне освітлення.

Штучне освітлення створюється штучними джерелами світла: лампами розжарювання або газорозрядними лампами. Воно поділяється на робоче, аварійне, евакуаційне і охоронне.

Штучне робоче освітлення проектується двох систем: загальне й комбіноване. Загальне освітлення може бути рівномірним або локалізованим. При локалізованому освітленні світильники розміщуються відповідно до розташування обладнання. Комбіноване освітлення складається із загального й місцевого. Місцеве освітлення призначено для освітлювання робочих поверхонь. Застосовувати тільки місцеве освітлення в промислових приміщеннях забороняється.

Освітленість робочих поверхонь залежить від характеристики зорових робіт і нормується БНіП для восьми розрядів зорових робіт відповідно до розміру об'єкта розпізнання. Під об'єктом розпізнання розуміють предмет, що розглядається, або його

частину, або дефект, що потребує розпізнання. Для 1 розряду мінімальний розмір об'єкта розпізнання менше 0,15 мм, а для 4 розряду – більше 5 мм. До 7 розряду віднесені роботи з матеріалами й виробами, що світяться (роботи в гарячих цехах).

Для перших п'яти розрядів значення освітленості залежать не тільки від розміру об'єкта розпізнання, але й від контрастності об'єкта з фоном і характеристики фону. Контрастність об'єкта з фоном (K) – це відношення різниці яскравостей об'єкта (L_o) і фону (L_ϕ) до яскравості фону $K=(L_o-L_\phi)/L_\phi$. Фон – поверхня, яка прилягає безпосередньо до об'єкта розпізнання. Фон характеризується коефіцієнтом відбивання R . При $R>0,4$ – фон світлий; при $0,2<R<0,4$ – фон середній; при $R<0,2$ – фон темний.

Найбільша освітленість 5000 лк встановлена для 1 розряду, найменша 30 лк – для 8 розряду, при такій освітленості неможливо слідкувати за показами приладів і вести записи, але можна спостерігати за ходом виробничого процесу.

Хороше освітлення не повинне викликати осліплювання, тому гігієнічні норми регламентують показник осліплювання для світильників загального освітлення. *Показник осліплювання* розраховується за формулою

$$P = (W - 1) \cdot 100\%,$$

де W – коефіцієнт осліплювання. $W=V_1/V_2$, V_1 , V_2 – видимість об'єкта відповідно при екрануванні й при наявності сліпучої дії освітлювальної установки. Показник осліплювання P у залежності від розряду зорових робіт не повинен перевищувати 20 – 40%.

Коефіцієнт пульсації освітленості K_n характеризує амплітуду коливань освітленості внаслідок зміни в часі світлового потоку при живленні газорозрядних ламп змінним струмом

$$K_n = [(E_{\max} - E_{\min}) / 2E_{\text{сеп}}] \cdot 100\%,$$

де $E_{\max}$ і $E_{\min}$ – відповідно максимальне і мінімальне значення освітленості за період її коливання; $E_{\text{сеп}}$ – середнє значення освітленості за той же період.

Крім робочого освітлення, нормами передбачено аварійне, евакуаційне й охоронне освітлення.

Аварійне освітлення необхідне у випадку, коли вимкнення робочого освітлення може привести до ускладнення і порушення технологічного процесу, пожежі, вибуху. Аварійна освітленість

повинна бути не менше 2 лк всередині приміщення і не менше 1 лк для територій підприємства.

Евакуаційне освітлення призначено для евакуації людей і повинно бути в місцях, небезпечних для пересування людей, наприклад, на сходах або в проходах приміщень, де працює більше 50 осіб. При цьому освітленість повинна складати 0,5 лк на сходах і 0,2 лк – на відкритих територіях.

Охоронне освітлення передбачається вздовж меж територій, які охороняються в нічний час; воно повинно забезпечувати освітленість 0,5 лк на рівні землі.

5.3. Джерела штучного світла

Основні джерела штучного світла – лампи розжарювання й газорозрядні лампи.

В *лампах розжарювання* джерелом світла є розжарений дріт із тугоплавкого металу (вольфраму). Ці лампи дають неперервний спектр випромінювання з перевагою жовто-червоних променів порівняно з природним світлом. За конструкцією лампи розжарювання бувають вакуумні й газонаповнені. Загальний недолік цих ламп є невеликий термін служби (близько 1000 годин) і малий коефіцієнт корисної дії.

Газорозрядні лампи бувають низького й високого тиску. Газорозрядні лампи низького тиску, які є люмінесцентними, являють собою скляну трубку, внутрішня поверхня якої вкрита тонким шаром твердої кристалічної речовини – люмінофора. Колба лампи наповнена дозованою кількістю ртуті (30 – 80мг) і інертним газом аргонем при тиску 400 Па. З обох кінців трубки прикріплені електроди. При увімкненні лампи струм, що протікає між електродами, викликає в парах ртуті електричний розряд, який супроводжується електролюмінісценцією, яка, впливаючи на люмінофор, перетворюється у світлове випромінювання (фотолюмінесценцію). У залежності від складу люмінофора люмінесцентні лампи мають різну кольоровість, завдяки чому вони поділяються на лампи денного світла, лампи близькі до природного світла, лампи білого світла, лампи тепло-білого світла, лампи холодно-білого світла.

До газорозрядних ламп високого (0,03 – 0,08 МПа) і

надвисокого ($>0,8$ МПа) тиску належать дугові, рефлекторні ртутні лампи тощо. У спектрі випромінювання цих ламп переважають зелені й голубі промені. Найекономічнішими є ртутні лампи високого тиску з додаванням йодидів металів; їх називають металгалогенними. Світловіддача цих ламп досягає 80 лм/Вт, що в 3 – 4 рази перевищує світловіддачу ламп розжарювання. Термін їх служби до 10000 годин.

Люмінесцентні лампи мають гігієнічні переваги. Ними легше створити рівномірне освітлення, спектр їх випромінювання наближений до природного світла. Переваги цих ламп особливо відчужаються при рівнях освітленості вище 100 – 150 лк.

До недоліків газорозрядних ламп належать: пульсація світлового потоку, осліплююча дія, складність схеми увімкнення, шум дроселів, залежність від температури навколишнього середовища. При зниженні напруги на 10% лампи горять, блимаючи, і можуть погаснути.

Особливо неприємною властивістю газорозрядних ламп є пульсація світлового потоку, яка спричинює стробоскопічний ефект – викривлення (спотворення) сприймання об'єктів, що обертаються або рухаються. Предмет, який обертається, може здаватися як нерухомий або такий, що рухається в протилежному напрямку. Для боротьби з пульсацією світлового потоку застосовують спеціальні схеми увімкнення газорозрядних ламп.

6. ВИРОБНИЧІ КОЛИВАННЯ ПРУЖНИХ СЕРЕДОВИЩ

6.1. Захист від шуму

Шумом називають кожний звук, який несприятливо діє на людину. Шум – це сполучення звуків різної інтенсивності й частоти. З фізичної точки зору звук – це механічні коливання пружного середовища. Звукова хвиля характеризується звуковим тиском P , Па; коливальною швидкістю v , м/с; інтенсивністю I , Вт/м² і частотою – ν , Гц. Під час звукових коливань у повітрі утворюються ділянки пониженого й підвищеного тиску. *Звуковий тиск* дорівнює різниці між миттєвим значенням повного тиску й середнім тиском у незбуреному середовищі. Звуковий тиск – це змінний додатковий тиск, що виникає в середовищі при проходженні звукової хвилі. При поширенні звукової хвилі в

просторі відбувається перенесення енергії. Середній потік енергії, який звукова хвиля переносить в одиницю часу через одиницю площі поверхні, перпендикулярної до напрямку розповсюдження хвилі, називається *інтенсивністю* або *силою звуку*. Інтенсивність звуку пропорційна квадрату звукового тиску.

Слуховий орган людини сприймає у вигляді чутного звуку коливання пружного середовища, які мають частоту від 20 до 20000 Гц. Сприймання людиною звуку залежить не тільки від його частоти, але й від інтенсивності й звукового тиску. Найменші значення інтенсивності I_0 і звукового тиску P_0 , які сприймає людина, називаються *порогом чутності*. Порогові значення I_0 і P_0 залежать від частоти звуку: при частоті 1000 Гц звуковий тиск $P_0 = 2 \cdot 10^{-5}$ Па, $I_0 = 1 \cdot 10^{-12}$ Вт/м². При звуковому тиску $P = 2 \cdot 10^2$ Па й інтенсивності звуку $I = 10$ Вт/м² виникають больові відчуття (*больовий поріг*). Між порогом чутності й больовим порогом лежить *область чутності*. Різниця між параметрами порога чутності й больового порога дуже велика. Щоб не оперувати великими числами, вчений А.Г.Белл запропонував використовувати логарифмічну шкалу. Логарифм відношення інтенсивності шуму або звуку до його інтенсивності, яка відповідає порогу чутності, називається *рівнем інтенсивності*. Рівень інтенсивності вимірюється в безрозмірних одиницях *бел*х (Б): $L = \lg(I/I_0)$, де I – інтенсивність звуку в даній точці, I_0 – інтенсивність звуку, яка відповідає порогу чутності. Оскільки інтенсивність звуку пропорційна квадрату звукового тиску, то можна записати: $L = \lg(P^2/P_0^2) = 2\lg(P/P_0)$. Вуха людини реагує на величину в 10 разів меншу, ніж бел, тому застосовується одиниця *децибел* (дБ). 1дБ=0,1 Б. В децибелах інтенсивність шуму або звуку визначається виразом $L = 10\lg(I/I_0) = 20\lg(P/P_0)$.

Інтенсивний шум при щоденній дії приводить до виникнення профзахворювання – глухоти. При дуже великому звуковому тиску може розірватися барабанна перетинка. Крім дії на орган слуху шум впливає на різні відділи головного мозку, змінюючи нормальні процеси вищої нервової діяльності. Характерними є підвищені втомлюваність, слабкість, дратівливість, апатія, ослаблення пам'яті й зниження гостроти зору. Спостерігаються зміни у вестибулярному апараті, порушуються функції шлунково-кишкового тракту. Шум, особливо імпульсний, погіршує точність

виконання робочих операцій, утруднює сприймання інформації. Знижується ефективність праці, збільшується брак у роботі, створюються умови для виникнення нещасних випадків.

Згідно з ССБП „Шум. Загальні вимоги безпеки”, встановлені допустимі рівні інтенсивності шуму, дія якого протягом робочого стажу не викличе зниження гостроти слуху й задовільної чутності мови на відстані 1,5 м від того, хто говорить. Допустимі рівні інтенсивності шуму в залежності від умов знаходяться в межах 45 – 85 дБ. При тривалій дії шуму в 90 дБ порушується слух, а шум у 120 дБ викликає фізичний біль і стає нестерпним.

Захист від шуму (колективний і індивідуальний) залежить від типу джерела шуму.

Основними джерелами *механічного шуму* є зубчасті передачі, підшипники, рухомі металеві деталі, вібруючі машини. Знизити шум можна підвищенням точності збирання, заміною металевих деталей на пластмасові. Навіть заміна сталі на чавун знижує шум на 3 – 4 дБ. Знижують шум тертьових механізмів різні мастила.

Шум аеродинамічного походження виникає при витоку стиснутих газів із отворів, при горінні рідкого палива у форсунках, при роботі вентиляційних систем, систем повітряного опалення і пневмотранспорту. Знизити шум можна, поліпшивши аеродинамічні характеристики. Але цим звичайно не досягається необхідний ефект, тому застосовують глушники, які бувають абсорбційними, реактивними й комбінованими. В абсорбційних глушниках шум поглинається у звукопоглинаючому матеріалі. Принцип дії реактивних глушників базується на ефекті відбивання звукової хвилі внаслідок утворення „хвильової пробки” в елементах глушника, які мають розширення, звуження, екрани. У комбінованих глушниках відбувається як поглинання, так і відбивання звуку.

Методи зниження шуму. *Звукоізоляція* – метод, заснований на відбиванні звукової хвилі від огорожі із металу, бетону, деревини або щільних пластмас. Для оцінки звукоізолюючої здатності захисних огорож введено поняття звукопроникності (T), яка дорівнює відношенню звукової енергії, яка пройшла через огорожу ($E_{\text{пр}}$), до енергії, яка падає на неї ($E_{\text{пад}}$): $T = E_{\text{пр}}/E_{\text{пад}}$. Величина $R = 1/T$ називається звукоізоляцією. *Звукопоглинання* знижує шум шляхом перетворення енергії звукових коливань у

теплоту внаслідок втрат на тертя в об'ємі звукопоглинаючого матеріалу. Чим більше звукової енергії поглинається, тим менше її відбивається назад у приміщення. Для зниження шуму в приміщенні проводять його акустичну обробку: нанесення звукопоглинаючих матеріалів на внутрішні поверхні. Ефективність звукопоглинаючого покриття характеризується коефіцієнтом звукопоглинання α , який дорівнює відношенню поглинутої звукової енергії $E_{\text{погл}}$ до падаючої енергії $E_{\text{пад}}$: $\alpha = E_{\text{погл}} / E_{\text{пад}}$. Звукопоглинаючі пристрої бувають пористо-волокнистими, мембранні, резонансні, об'ємні. Акустична обробка внутрішніх поверхонь приміщення знижує рівень шуму на 6 – 8 дБ. Акустична обробка повинна застосовуватись у цехах ткацьких фабрик і машинобудівних заводів. Метод *антизвуку* базується на створенні рівного за величиною й протилежного за фазою звуку. В результаті інтерференції основного звуку й „антизвуку” в шумному приміщенні можна створити зони тиші.

Засоби індивідуального захисту (ЗІЗ) використовують у випадках, коли заходи колективного захисту не забезпечують зниження шуму до допустимих рівнів. ЗІЗ знижують рівень сприйманого шуму на 10 – 45 дБ. ЗІЗ від шуму поділяються на протишумові навушники, шлеми й каски, костюми. В ЗІЗ від шуму використовуються еластичні й волокнисті матеріали.

6.2. Захист від ультразвуку

Ультразвук – це механічні коливання пружного середовища, які мають ту ж саму фізичну природу, що і звук, але відрізняються більш високою частотою, яка перевищує прийняту верхню межу чутності, тобто вище 20 кГц. Ультразвукові коливання поділяється на низькочастотні (10^4 – 10^5 Гц), які поширюються повітряним і контактним шляхом, і високочастотні коливання (10^5 – 10^9 Гц), які поширюються тільки контактним шляхом. Ультразвук, як і звук, характеризується ультразвуковим тиском, інтенсивністю й частотою коливань. У непружних середовищах ультразвук поглинається тим більше, чим вища його частота. Поглинання ультразвуку спричинює нагрівання середовища. У пружних середовищах (воді, металі) ультразвук

мало поглинається й може поширюватися на великі відстані. Особливістю ультразвуку є поширення ультразвукових коливань напрямленими пучками – *ультразвуковими променями*, які створюють на відносно невеликій площі великий ультразвуковий тиск. Ця властивість знайшла широке використання: для очищення деталей, механічної обробки твердих матеріалів, зварювання, паяння, прискорення хімічних реакцій, дефектоскопії, перевірки розмірів виробів, структурного аналізу речовин, гідролокації. Ультразвук використовується в медицині для діагностики й лікування.

При обслуговуванні промислових ультразвукових установок працівники можуть підпадати під вплив ультразвуку, який поширюється в повітрі, а також в рідких і твердих тілах, що контактують з джерелом ультразвуку. Контактна дія ультразвуку, яка виникає при контакті з інструментом під час пайки, лудіння, при зануренні виробів у ванни, є найбільш небезпечною.

Ультразвук може призвести до ураження периферійної нервової й судинної систем людини в місцях контакту. При цьому виникають вегетативні поліневрити, м'язова слабкість кінцівок, пальців. При тривалій роботі з установками, які генерують шум і ультразвук, що перевищують граничнодопустимі рівні, можуть відбутися функціональні зміни центральної та периферійної систем, серцево-судинної системи, слухового і вестибулярного апарату. Порівняно з шумом ультразвук слабше впливає на слухову функцію, але викликає більш виражені відхилення від норми вестибулярної функції і терморегуляції. Те, що ультразвук впливає на різні органи й системи людини не тільки через слуховий апарат, підтверджується несприятливою його дією на глухонімих. Допустимі рівні ультразвукового тиску в зонах контакту рук і інших частин тіла оператора з приладами й установками не повинна перевищувати 110 дБ.

Методи захисту. Для локалізації ультразвуку обов'язковим є застосування звукоізолюючих кожухів, екранів. Якщо ці заходи не дають позитивного ефекту, то ультразвукові установки потрібно розміщувати в окремих приміщеннях і кабінах, вкритих звукопоглинаючими матеріалами. Приміщення забезпечуються системою блокування, яка вимикає генератор ультразвуку при відкриванні дверей або при порушенні звукоізоляції.

Автоматизація виробничих процесів і дистанційне керування усувають контактну дію ультразвуку. При необхідності застосовують спеціальні інструменти з віброізолюючими рукоятками й захисні рукавиці. Як засоби індивідуального захисту використовують протишуми.

6.3. Захист від інфразвуку

Інфразвук – це механічні коливання пружного середовища, які мають однакову з шумом фізичну природу, але з частотою меншою ніж 20 Гц. У повітрі інфразвук мало поглинається й тому поширюватись на великі відстані. Інфразвук характеризується тиском, інтенсивністю, частотою коливань.

Багато явищ природи (морські бурі, землетруси, виверження вулканів) супроводжуються випромінюванням інфразвукових коливань. У виробництві інфразвук утворюється переважно при роботі тихохідних великогабаритних машин і механізмів (компресорів, дизельних двигунів, електровозів, вентиляторів, турбін, реактивних двигунів). Інфразвук механічного походження створюється при здійсненні обертального або зворотно-поступального руху з повторенням циклу менше ніж 20 разів на секунду. Інфразвук аеродинамічного походження виникає при турбулентних процесах у потоках газів або рідин.

Інфразвук несприятливо діє на весь організм людини, в тому числі на орган слуху, знижуючи слухову чутливість. Інфразвукові коливання сприймаються як фізичне навантаження: виникають втома, головний біль, вестибулярні порушення, зниження гостроти слуху й зору; порушується периферійний кровообіг, з'являється почуття страху. Сила дії залежить від діапазону частот, рівня звукового тиску й тривалості. Інфразвук з рівнем тиску більше ніж 150 дБ зовсім не переноситься людиною. Особливо несприятливі наслідки викликає інфразвук з частотою 2 – 15 Гц в результаті резонансних явищ в організмі людини, зокрема, з частотою 7 Гц, оскільки вона збігається з альфаритмом біопотенціалів мозку. Відповідно до санітарних норм рівні інфразвукового тиску не повинні перевищувати 105 дБ.

Методи захисту від інфразвуку такі ж як в випадку шуму. Найдоцільніше зменшувати інтенсивність інфразвукових

коливань на стадії проектування машин або агрегатів.

6.4. Захист від вібрації

Вібрація – це складний коливальний процес, який виникає при зміщенні центра ваги якогось тіла від положення рівноваги, а також при зміні форми тіла, яку воно мало в статичному стані. Коливання машин і обладнання не є гармонійними коливаннями. Ці коливання характеризуються аперіодичністю, часто вони мають імпульсний характер, або бувають у вигляді поштовхів.

До основних параметрів, якими характеризується вібрація, діюча за синусоїдальним законом, належать амплітуда зміщення (найбільше відхилення точки від положення рівноваги); коливальна швидкість, з якою рухаються частинки середовища відносно положення рівноваги; прискорення й частота.

При частоті більше ніж 20 Гц вібрація супроводжується шумом. Людина починає відчувати вібрацію при коливальній швидкості $1 \cdot 10^{-4}$ м/с, а при швидкості 1 м/с виникають больові відчуття. Розрізняють локальну вібрацію, яка передається через руки людини, і загальну, яка передається тілу людини, що сидить або стоїть, через опорні поверхні тіла.

Загальна вібрація в залежності від джерела її виникнення може бути трьох категорій:

1. Транспортна вібрація, яка діє на водіїв машин і транспортних засобів при їх русі по місцевості, дорогами.
2. Транспортно-технологічна вібрація, яка діє на операторів машин при їх переміщенні по майданчиках виробничих приміщень або гірничих розробках (вантажопідйомних кранів екскаваторів, гірничих машин).
3. Технологічна вібрація від стаціонарних машин: станків, насосів, вентиляторів, бурових установок.

Ступінь і характер дії вібрації на людину залежить від виду вібрації і її параметрів. Дуже шкідливими є коливання робочих місць, що мають частоту, резонансну з коливаннями окремих органів або частин тіла, частоти яких лежать у межах 4 – 25 Гц.

Локальна вібрація. При роботі з ручними машинами виникають судинні розлади і спазми периферійних судин. Локальна вібрація, яка зумовлена наявністю ударів у таких

процесах, як рубання, буріння, викликає різну ступінь судинних, нервово-м'язових, кістково-суглобних порушень.

Загальна вібрація негативно впливає на нервову, серцево-судинну системи, вестибулярний апарат, порушує обмін речовин. При сумісній дії загальної та місцевої вібрацій виникає *вібраційна хвороба*, яка пов'язана з порушеннями діяльності нервової, судинної та м'язової систем. Сприяють розвитку захворювання охолодження, великі статичні м'язові зусилля, виробничий шум.

Методи захисту. Вібробезпечні умови праці можуть бути забезпечені наступними заходами: використанням вібробезпечних машин; застосуванням засобів вітрозахисту; проектуванням технологічних процесів, які б не перевищували гігієнічні норми вібрації на робочих місцях; контролем вібраційних параметрів, своєчасним ремонтом і удосконаленням машин.

Засоби індивідуального захисту за місцем контакту оператора з віброуючим об'єктом поділяються на ЗІЗ для рук, ніг і тіла оператора. Для рук застосовуються рукавиці з вкладишами й прокладками, для ніг – спецвзуття, для тіла – спеціальні костюми із пружнодемпфірувальних матеріалів. Демпфірувальні – це такі матеріали, які здатні привести коливання до їх згасання.

7. ВИРОБНИЧІ ВИПРОМІНЮВАННЯ

7.1. Захист від іонізуючих випромінювань

Іонізуючим називається випромінювання, яке викликає іонізацію середовища, тобто утворення іонів із атомів або молекул. Іонізуючими властивостями володіють космічні промені. Природними джерелами іонізуючих випромінювань є радіоактивні речовини, або радіонукліди, які входять до складу Землі. Радіонукліди нестабільні, вони весь час перетворюються в інші нукліди. Цей процес перетворення (спонтанний розпад) супроводжується утворенням різних видів випромінювання з різною енергією й проникною здатністю. Альфа-випромінювання затримується аркушем паперу й практично не проникає через шкіру, але коли радіонукліди, які випромінюють альфа-частинки, потрапляють в організм людини, вони є надзвичайно небезпечними. Бета-випромінювання має велику проникну здатність: воно проходить у тканини організму на глибину один –

два сантиметри. Проникна здатність гама-випромінювання, яке поширюється зі швидкістю світла, дуже велика: його може стримати лише товста свинцева або бетонна плита.

Штучними джерелами іонізуючих випромінювань є ядерні реактори, прискорювачі заряджених частинок, рентгенівські установки, штучні радіоактивні ізотопи. Джерела іонізуючих випромінювань використовуються в атомній енергетиці, медицині, геологічній розвідці тощо.

Іонізуючі випромінювання бувають електромагнітними і корпускулярними. До електромагнітних належать гама- й рентгенівське випромінювання. Корпускулярні випромінювання – це потоки частинок: альфа-, бета-частинок, протонів, нейтронів.

Для оцінювання іонізуючого випромінювання використовують *експозиційну дозу* X – відношення повного заряду іонів одного знака dq , який виникає в елементарному об'ємі повітря, до маси повітря dm в цьому об'ємі $X=dq/dm$. Одиницею експозиційної дози є кулон на кілограм, Кл/кг. Застосовується також позасистемна одиниця – *рентген* Р, $1\text{ Р}=2,58 \cdot 10^{-4}\text{ Кл/кг}$.

Біологічна дія іонізуючих випромінювань на організм людини залежить від поглинутої енергії. *Поглинута доза випромінювання* D – це фізична величина, яка дорівнює відношенню середньої енергії dE , одержаної деяким елементарним об'ємом речовини, до маси речовини dm в цьому об'ємі $D=dE/dm$. Одиницею поглинутої дози є *грей*, Гр.; $1\text{ Гр}=1\text{ Дж/кг}$. Також застосовується одиниця *рад*. $1\text{ рад}=0,01\text{ Гр}$.

Для порівняння біологічної дії різних видів випромінювання введений коефіцієнт якості. *Коефіцієнт якості випромінювання* G – це безрозмірна величина, яка визначає ефективність даного випромінювання відносно рентгенівського з енергією 250 кеВ.

Вид випромінювання	G
Рентгенівське й гама-випромінювання	1
Електрони й позитрони, бета-випромінювання	1
Протони з енергією менше 10 МеВ	10
Нейтрони з енергією менше 20 кеВ	3
Нейтрони з енергією 0,1 – 10 МеВ	10
Альфа-випромінювання з енергією менше 10 МеВ	20

Коефіцієнт якості характеризує здатність даного виду випромінювання пошкоджувати тканини організму. Значення G для деяких видів випромінювання наведені в таблиці, із якої видно, що при однаковій поглинутій дозі альфа-випромінювання значно (у 20 разів) небезпечніше, ніж бета- чи гама-випромінювання.

Для оцінювання впливу випромінювання на організм введено поняття еквівалентної дози. *Еквівалентна доза опромінення* H визначається як добуток поглинутої дози на коефіцієнт якості випромінювання: $H=D \cdot G$. Еквівалентна доза вимірюється в *зивертах*, Зв. $1 \text{ Зв} = 1 \text{ Дж/кг}$. Зиверт дорівнює еквівалентній дозі, при якій поглинута доза дорівнює 1 Гр, а коефіцієнт якості дорівнює одиниці. Крім зиверта використовується одиниця *бер* (біологічний еквівалент рада). $1 \text{ бер} = 0,01 \text{ Зв}$.

Експозиційна, поглинута та еквівалентна дози, віднесені до одиниці часу, називаються потужностями відповідних доз.

Опромінення може бути зовнішнім і внутрішнім. *Зовнішнє опромінення* одержується організмом від зовнішніх джерел випромінювання. *Внутрішнє опромінювання* – це результат опромінення продуктами розпаду радіонуклідів, що можуть потрапити в організм людини з їжею, водою, з повітрям при диханні. При надходженні радіонуклідів вони розподіляються в організмі нерівномірно. У залежності від типу радіонукліди можуть осідати в різних органах і тканинах, наприклад, у кістках (стронцій – 90), щитовидній залозі (йод), шлунково-кишковому тракті і м'язах (цезій), випромінюючи альфа-, бета- і гама-випромінювання. Іонізація живих тканин супроводжується їх пошкодженням, що призводить до зміни хімічного складу молекул. Порушується нормальне осідання крові, зростає крихкість судин, відбуваються функціональні зміни шлунково-кишкового тракту. Зміни в організмі можуть бути зворотними і незворотними. При невеликій дозі уражена тканина відновлює свою функціональну діяльність. Тривала дія доз, які перевищують граничнодопустимі, викликає променеву хворобу. Наслідками променевого ураження малими дозами можуть бути катаракта, злоякісні пухлини, генетичні зміни.

Норми радіаційної безпеки. Абсолютно неможливо уникнути додаткового опромінення понад природний фон, наприклад,

відмовитись від рентгено- і радіодіагностичних процедур, які дають досить помітне опромінення. У випадку професійного опромінення дозові навантаження визначаються „Нормами радіаційної безпеки”: *граничнодопустима доза* за рік для персоналу має бути такою, що при однаковій дії протягом робочого стажу ця доза не викличе змін, які могли би бути зафіксовані сучасними методами й приладами. Граничні дози встановлені для трьох категорій людей (А,Б,В), які можуть бути опромінені. До категорії А належить персонал, який постійно працює в умовах опромінення; до категорії Б належить обмежена частина населення, яка безпосередньо не працює з джерелами випромінювання, але за умовами роботи або проживання може потрапити під дію опромінення; категорія В – населення області, краю, країни. *Граничнодопустима доза* залежить від групи критичних органів. Критичний орган – тканина, орган або частина тіла, опромінення якої може заподіяти найбільшої шкоди здоров'ю даної особи. Розрізняють три групи критичних органів:

1. Все тіло, червоний кістковий мозок, статеві залози.
2. М'язи, щитовидна залоза, печінка, нирки, селезінка, шлунково-кишковий тракт, легені, кришталики очей.
3. Шкіряний покрив, кісткова тканина.

Межові дози в одиницях бер наведені в таблиці.

Межові дози сумарного опромінення за рік, бер		Група критичних органів		
		1	2	3
Категорія	А	5	15	30
	Б	0,5	1,5	3

Щоб викликати гостре ушкодження організму, одержані дози опромінення повинні перевищувати певний рівень. Доза, яка більше 100 бер, приводить до променевої хвороби. У деяких випадках ознаки променевої хвороби з'являються і при опроміненні дозою 50 бер. Променева хвороба виявляється в ураженні органів кровотворення, нервової системи, шлунково-кишкового тракту. Якщо одноразово отримана доза опромінення людини досягає 400 бер, то в 50% випадків це призводить до летального результату. Якщо одержана доза становить 600 бер і більше, смертельні випадки досягають 100%.

Вимоги радіаційної безпеки. Органи санітарного нагляду здійснюють контроль за додержанням вимог радіаційної безпеки. Розроблено „Основні санітарні правила” роботи з радіоактивними речовинами та іншими джерелами іонізуючих випромінювань. Правила регламентують розміщення установ, ділянок і установок, призначених для роботи з джерелами іонізуючих випромінювань; організацію робіт; порядок одержання, обліку, зберігання і перевезення джерел випромінювання; вимоги щодо усунення, знешкодження радіоактивних відходів, дезактивації приміщень і обладнання; засоби індивідуального захисту й особистої гігієни; питання радіаційного контролю.

При роботі з джерелами випромінювання не допустити переопромінення персоналу можна шляхом збільшення відстані між оператором і джерелом (захист відстанню), скорочення тривалості роботи в полі випромінювання (захист часом) і екранування джерела випромінювання (захист екранами).

Закритими називаються джерела іонізуючих випромінювань, коли виключається потрапляння радіоактивних речовин в навколишнє середовище. Наприклад, на атомних електростанціях керування роботою реактора автоматизоване й здійснюється дистанційно. Активну зону реактора, системи відведення тепла від реактора, приміщення зберігання відпрацьованих стрижнів огорожують системою захисних оболонок, які послаблюють рівень випромінювання до безпечного. У лабораторних умовах також застосовують дистанційне керування роботою обладнання, а також координатні маніпулятори, які дають можливість виконувати операції з радіоактивними речовинами на відстані. Найчастіше використовують маніпуляції з комплексом інструментів (захвати, затискачі), які копіюють рухи рук оператора за допомогою блоків механізмів і пристроїв.

При роботі з *відкритими* радіоактивними речовинами, які відрізняються питомою активністю, передбачаються заходи для уникнення потрапляння їх у повітря робочої зони. *Активність* радіоактивної речовини визначається кількістю ядерних перетворень за одиницю часу. Одиницею активності є одне ядерне перетворення на секунду – *бекерель* (Бк). Також використовується позасистемна одиниця *кюри* (Ки), яка характеризує активність препарату (одного грама радію), в якому

відбувається 37 мільярдів розпадів на секунду. $1 \text{ Ки} = 3,7 \cdot 10^{10} \text{ Бк}$. Під *питомою активністю* розуміють активність, віднесену до одиниці маси або об'єму: Ки/г, Ки/л. На дверях приміщень, в яких проводяться роботи з джерелами іонізуючих випромінювань, повинен бути знак радіаційної небезпеки, який зображений на рисунку. Встановлено три класи робіт, які відрізняються



вимогами до обладнання й розміщення приміщень, де проводяться роботи з джерелами іонізуючих випромінювань. Роботи 3 класу можуть здійснюватись в звичайних лабораторіях, обладнаних витяжними шафами.

Найбільше вимог висувається до приміщень, в яких проводяться роботи 1 класу. Вони повинні бути в окремих будівлях або в ізольованій частині будови з окремим входом через санпропускник і поділятися на три зони: у першій знаходяться камери, бокси, обладнання, які є основними джерелами радіації; у другій розміщують об'єкти, які вимагають періодичного обслуговування, наприклад, відходи, які потребують тимчасового зберігання; третя призначена для постійного перебування людей. Тут розташовують прилади, пульти керування. Щоб запобігти перенесенню радіоактивних забруднень із другої зони в приміщення третьої зони, між зонами влаштовують санітарний шлюз.

Засоби індивідуального захисту залежать від класу робіт. При роботах 1 класу комплект ЗІЗ складається зі спецодягу (костюма або комбінезона), спецвзуття, рукавиць, паперових рушників разового використання, а також засобів захисту органів дихання. При роботах 2 і 3 класу працівники забезпечуються халатами, шапочками, рукавицями, легким взуттям і при необхідності засобами захисту органів дихання, а при роботі з радіоактивними розчинами й порошками – додатково фартухами, нарукавниками, халатами із поліетилену, гумовими чоботами, ручними захватами.

Правила передбачають суворий порядок радіаційного контролю, в тому числі індивідуального, коли ведеться облік річної дози опромінення, а також сумарної дози за весь період професійної роботи. Дозиметричний контроль здійснюється за

допомогою детекторів: газорозрядних, сцинтиляційних, фотографічних й напівпровідникових.

Газорозрядні детектори: іонізаційна камера та гейгерівський лічильник. Іонізаційна камера – це електричний конденсатор, заповнений газом. Дія приладу базується на вимірюванні електричного заряду, який виникає при іонізації газу за певний проміжок часу. Гейгерівський лічильник містить газонаповнений електричний конденсатор (звичайно циліндричний) із тонким анодом. Внаслідок іонізації газу виникає електричний (коронний) розряд у газі, який перетворюється на електричний сигнал.

Дія *сцинтиляційних детекторів* заснована на збудженні в деяких речовинах, наприклад у кристалах NaI, пластмасах, рідинах, спалахів видимого світла, які перетворюються фотоелектронними помножувачами в електричні сигнали.

У *фотографічних детекторах* використовується метод, що ґрунтується на здатності фотографічної емульсії чорніти під дією іонізуючого випромінювання.

У *напівпровідникових детекторах* під впливом іонізуючого випромінювання утворюються носії заряду (електрони й дірки), які збираються на електродах і дають електричний сигнал.

Одержані електричні сигнали реєструються електронними схемами, головним призначенням яких є встановлення кількості іонізованих частинок, зафіксованих детектором за певний проміжок часу.

7.2. Захист від рентгенівського випромінювання

Різні електровакуумні прилади при напрузі між катодом і анодом > 5 кВ є джерелами рентгенівського випромінювання (РВ). Воно виникає при роботі електронно-променевих трубок, іонно-плазмових установок для зварювання, плавлення, зонного очищення матеріалів, при роботі електронних мікроскопів.

РВ виникає внаслідок бомбардування електронами електродів і інших поверхонь. При анодній напрузі від 5 до 60 кВ генерується „м'яке” (довгохвильове) рентгенівське випромінювання, при напрузі 60 – 100 кВ – „середньої жорсткості”, а при напрузі більше 100 кВ – „жорстке” (короткохвильове) РВ, яке має більш високу проникну здатність. Довжина хвилі (λ , нм) визначається

виразом $\lambda = 1,24/eU$, де U – анодна напруга у кВ.

Кінескопи телевізійних приймачів ($U \geq 20$ кВ) генерують „м’яке” РВ. Потік квантів РВ електронно-променевих трубок напрямлений перпендикулярно до поверхні екрана.

Рентгенівське випромінювання з енергією квантів 5 кеВ – 1 МеВ належить до іонізуючого, взаємодія якого з середовищем приводить до утворення електричних зарядів різних знаків.

Робота з джерелами РВ пов’язана з невидимою небезпекою для обслуговуючого персоналу, оскільки воно іонізує молекули тканин, що веде до розриву молекулярних зв’язків і зміни хімічної структури клітин. Така дія РВ називається *прямою дією*. Організм людини складається більше ніж на 70% із води, тому, іонізуючись, молекули води утворюють високоактивні в хімічному відношенні радикали типу OH^- і H^+ , які реагуючи з киснем, утворюють хімічно активні пероксид водню H_2O_2 і гідратний оксид HO_2 . Ці сполуки взаємодіють з молекулами органічних речовин тканин, окислюють і руйнують їх. Така дія випромінювання називається *непрямою або опосередкованою дією*. Непряма дія надає більшої шкоди, ніж пряма дія.

Внаслідок зазначених змін виникає променева хвороба (гостра або хронічна). Гострі ураження є результатом опромінення великими дозами за короткий проміжок часу, а хронічна форма розвивається при систематичній дії невеликих доз. Діючи на шкіру, РВ викликає опіки, випадіння волосся, ламкість нігтів, а діючи на очі – катаракту. Розрізняють соматичне й генетичне ушкодження. Соматичне ушкодження пов’язано з впливом радіації на дану особу, а генетичне – з передачею спадкоємних змін, які виникли від впливом радіації, потомству: дітям і онукам.

Експозиційна й поглинута дози РВ визначаються подібно до інших іонізуючих випромінювань. Одиницею експозиційної дози є рентген (Р). При цій дозі в повітрі при нормальних умовах на іонізацію молекул витрачається енергія $0,114 \text{ ерг/см}^3$ або 85 ерг/г . Ці величини називаються енергетичними еквівалентами рентгену: $1 \text{ Р} = 0,114 \text{ ерг/см}^3 = 85 \text{ ерг/г} = 0,85 \text{ рад}$ ($1 \text{ рад} = 100 \text{ ерг/г}$).

Зв’язок між поглинутою D і експозиційною X дозами РВ визначається співвідношенням $D = f \cdot X$. Для біологічних тканин коефіцієнт f може змінюватися від 0,9 для води, 1 – для м’язів до 4,4 – для кісток і залежить від енергії квантів РВ.

Променеве ураження людини при роботі з джерелами РВ виникає в випадку опромінення дозами, які перевищують граничнодопустимі. Причиною смерті при променевому ураженні є незворотні ушкодження червоного кісткового мозку.

Як нормовану величину використовують потужність експозиційної дози $P=X/t$, мР/год. Дозиметричний контроль здійснюють за допомогою медичних рентгенометрів.

При роботі рентгенівських апаратів потужність експозиційної дози на робочому місці не повинна перевищувати наступних значень: для медичних діагностичних досліджень – 6,6 мР/год; для променевої терапії – 4 мР/год, для флюорографії – 3,3 мР/год, для промислової дефектоскопії, структурного і спектрального аналізів – 3,3 мР/год.

Методи захисту: екранування джерел РВ або робочих місць, віддалення джерел від робочих місць і скорочення часу перебування в полі дії випромінювання. Більш ефективний захист – при поєднанні цих заходів. Щоб зменшити інтенсивність РВ корпусу, балони джерел РВ виготовляють із скла або кераміки з підвищеним вмістом важких елементів (свинцю, стронцію, барію); збільшують товщину балона; РВ екранують внутрішніми деталями приладу; замінюють скляний або керамічний корпус на металевий. Екранування застосовують також для всієї апаратури або установки. Установку, прилад або апарат поміщують у захисну камеру, а пульт керування влаштовують поза камерою. Для виготовлення екранів використовують сталь, свинець, барит, баритобетон, залізобетон. Оглядові вікна камер, установок і приладів екранують захисним рентгенівським склом ТФ-5.

Приміщення, в яких розташовані джерела РВ, вентиляція, опалення й освітлення повинні відповідати вимогам „Санітарних норм проектування промислових підприємств”, а також враховувати можливість утворення озону, оксиду азоту й виділення інших шкідливих речовин, які мають місце при технологічних процесах і при іонізації повітря.

7.3. Захист від лазерного випромінювання

Лазером називається генератор електромагнітного випромінювання оптичного діапазону. Лазер – джерело

випромінювання з високою напрямленістю й великою густиною енергії. У залежності від типу робочого тіла існують газові, рідинні і твердотілі лазери. Робочим тілом останніх є діелектричні кристали, стекла, напівпровідники. *Головним елементом лазера* є активне середовище, яке утворюється в робочому тілі під впливом світла нелазерних джерел, електричного розряду в газах, хімічної реакції, бомбардуванням електронним пучком і інших методів „накачки”. Активне середовище розташоване між дзеркалами, які утворюють оптичний резонатор. За допомогою енергії накачки атоми робочого тіла переходять у збуджений стан. Лавинний перехід атомів за дуже короткий час із збудженого стану в основний приводить до виникнення лазерного випромінювання.

Основною особливістю лазерного випромінювання (ЛВ) є його гостра напрямленість (мала розбіжність пучка випромінювання), що дозволяє на малій площі одержувати великі значення густини енергії. Потужність сфокусованого ЛВ може змінюватись від $5 \cdot 10^8$ Вт/см² для аргонного лазера до $2 \cdot 10^{17}$ Вт/см² для лазера на алюмоітрієвому гранаті, легованого неодимом, що значно перевищує потужність на поверхні Сонця (10^5 Вт/см²). Якщо у фокусі аргонного лазера покласти речовину, то вона нагріється до 100 тис. градусів, повністю іонізується й перетвориться на плазму. А якщо у фокусі неодимового лазера розмістити речовину, то вона нагріється до температури 10 млн. град. При такій температурі відбуваються термоядерні реакції синтезу атомів дейтерію. Цю властивість лазерних пучків використовують у світлопроменевих верстатах, за допомогою яких „пробивають” отвори в годинникових камінцях із рубіну, алмазу і надтвердих матеріалах. За допомогою таких верстатів виготовляють деталі, які іншими методами створити неможливо. Монохроматичність і напрямленість ЛВ дає можливість використовувати лазер для вимірювання астрономічних відстаней. Лазери застосовуються в медицині. Пучок лазерного випромінювання використовують у хірургії для зашивання, стерилізації й припікання ділянок живих тканин, а також для усунення відшарувань сітківки ока. Інтенсивність пучка при цьому така низька, що око в цілому не пошкоджується, а в тому місці, де пучок фокусується, сітківка приварюється до дна ока.

Лазери генерують випромінювання з довжиною хвилі від 0,2 до 750 мкм. Цей діапазон містить 5 типів випромінювання: ультрафіолетове (0,2 – 0,4 мкм), видиме (0,4 – 0,75 мкм), короткохвильове (ближнє) інфрачервоне (0,75 – 1,5 мкм), середньохвильове інфрачервоне (1,5 – 15 мкм), довгохвильове (дальнє) інфрачервоне (15 – 750 мкм). Довжина генерованої хвилі залежить від матеріалу робочого тіла. Лазери поділяють на імпульсні з тривалістю імпульсу 10^{-3} – 10^{-13} с і неперервної дії. Як правило, до останніх належать газові лазери.

Дія лазерного випромінювання на організм людини має складний характер й зумовлена як безпосередньою дією лазерного пучка на тканини, так і вторинними явищами, які викликають зміни в організмі внаслідок опромінення. Небезпечна дія залежить від потужності або густини енергії, довжини хвилі ЛВ, тривалості імпульсу, частоти повторення імпульсів, часу дії. Ультрафіолетове випромінювання є біологічно активним, воно викликає фотохімічні реакції в тканинах. Поріг мінімального ушкодження тканини відповідає густині енергії 1 Дж/см². Розрізняють термічну й нетермічну дію ЛВ. *Термічна дія* випромінювання лазера неперервної дії має багато спільного із звичайним нагріванням. На шкірі виникає опік, а при енергії більше 100 Дж відразу з'являється кратероподібна ділянка некрозу через руйнування й випаровування біотканини. Некроз – омертвіння тканини під впливом термічної дії. Дія імпульсного випромінювання значно складніша. При тривалості імпульсу менше 10^{-3} с у тканинах енергія випромінювання дуже швидко перетворюється в теплоту, що приводить до миттєвого плазмо- і пароутворення, що викликає механічне руйнування тканини. *Нетермічна дія* ЛВ зумовлена процесами, що виникають внаслідок поглинання тканинами електромагнітної енергії, зокрема електричними й фотоелектричними ефектами. Особи, які тривалий час працюють із лазерами, відчувають підвищену втомленість, головні болі, підвищену збудженість, порушення сну. Особливо чутливі до дії ЛВ очі людини. Пошкодження очей виникає як від прямого, так і відбитого лазерного променя, навіть тоді, коли відбиваюча поверхня не є дзеркальною. Характер ураження залежить від довжини хвилі. Ультрафіолетове випромінювання руйнує білок рогової оболонки й викликає опік

слизової оболонки, що призводить до повної сліпоти. Видиме ЛВ переважно пошкоджує світлочутливі клітини сітківки, що викликає тимчасову сліпоту, або опік з наступною втратою зору. Близьке і середнє інфрачервоне ЛВ при великих густинах енергії також спричинює сліпоту через помутніння кришталика ока.

На працівників можуть також впливати інші шкідливі виробничі фактори, пов'язані з роботою лазера, а саме: світлове випромінювання від імпульсних ламп „накачки” і зони взаємодії лазерного випромінювання з матеріалом мішені, висока напруга в електричному колі ламп „накачки”, електромагнітні поля ВЧ- і НВЧ-діапазонів від генераторів накачки, токсичні речовини, які використовуються в конструкції лазера.

Нормованим параметром для ЛВ прийнята *енергетична експозиція* – відношення енергії випромінювання, яке падає на певну ділянку поверхні, до площі цієї ділянки. Одиницею вимірювання є Дж/см². Енергетична експозиція нормується окремо для роговиці, сітківки ока й шкіри. Граничнодопустимі рівні (ГДР) ЛВ залежать від діапазону довжин хвиль, тривалості імпульсу, частоти повторення імпульсів і часу дії. Наприклад, ГДР енергетичної експозиції, яка створюється імпульсним і неперервним ультрафіолетовим ЛВ з довжиною хвилі від 0,2 до 0,4 мкм на роговиці ока або шкірі, змінюється від $1 \cdot 10^{-8}$ до $2 \cdot 10^{-3}$ Дж/см² відповідно. Тобто ГДР енергетичної експозиції зменшується зі збільшенням частоти випромінювання.

Документи „Санітарні норми і правила експлуатації лазерів” і ССБП „Лазерна безпека. Загальні положення” регламентують умови безпеки роботи з лазерами. Засоби безпеки залежать від класу лазера. Розрізняють чотири класи лазерів: 1 клас – нешкідливий для очей і шкіри; 2 – шкідливий для очей при прямому й дзеркально відбитому випромінюванні; 3 – шкідливий для очей при прямому, дзеркально відбитому, а також дифузно відбитому випромінюванні; 4 – шкідливий при опроміненні шкіри дифузно відбитим випромінюванням. Отже, четвертий клас лазера – найнебезпечніший.

Методи захисту. Встановлювати лазери дозволяється тільки в спеціально обладнаних приміщеннях із матовими стінами й стелями без дзеркальних поверхонь. Вільний простір навколо лазерів повинен бути шириною не менше 1 м. Керування лазером

4 класу здійснюють дистанційно, а двері приміщення, де він встановлений, обладнуються блокуванням. Від дії лазерів 2 і 3 класів захищаються екранами, огорожами або екрануванням пучка випромінювання. Для непрозорих екранів і огорож використовують матеріали з найменшим коефіцієнтом відбивання ЛВ: сталь, дюралюміній, гетинакс, текстоліт, пластмасу. Місця встановлення лазерів огорожують непрозорими ширмами, шторами, наприклад із чорної байки, яка не пропускає ЛВ в спектральному діапазоні 0,694 – 1,06 мкм. За мішенню або приймачем ЛВ встановлюють вогнетривкі екрани з поверхнею, яка добре поглинає енергію випромінювання відповідної довжини хвилі. Лампи накачки розміщують у світлонепрозорих кожухах. Найнадійнішим захистом від ЛВ є екранування променя світловодом на всьому шляху його дії (від лазера до мішені).

Для попередження ураження очей застосовують спеціальні окуляри з коробчатою оправою. Матеріал світлофільтрів в окулярах повинен бути механічно стійким і витримувати, не руйнуючись, пряме потрапляння лазерного променя. Марки світлофільтрів залежать від довжини хвилі ЛВ. У протилазерних окулярах використовують оранжеві, синьо-зелені або безколірні стекла в залежності від довжини хвилі ЛВ. Всі лазери повинні бути марковані знаком лазерної небезпеки.



Знак лазерної небезпеки

При експлуатації лазерів 2, 3 і 4 класів здійснюється дозиметричний контроль не рідше одного разу на рік і додатково – у випадках, коли вносяться зміни до конструкції лазера або при організації нових робочих місць. Методи й апаратура дозиметричного контролю ЛВ наведені в ССБП „Лазери. Методи дозиметричного контролю лазерного випромінювання”. Дозиметричні прилади ЛВ базуються на калориметричному і фотоелектричному методах вимірювання. Калориметричний вимірювач енергії й потужності ЛВ призначений для вимірювань енергії світлових імпульсів, а також потужності неперервного випромінювання лазерів у діапазоні від 0,4 до 11 мкм. Фотоелектричний метод використовується для вимірювання неперервного ЛВ з густиною

потужності потоку від кількох мВт/см².

7.4. Захист від ультрафіолетового випромінювання

Ультрафіолетове випромінювання (УФВ) – це невидиме оком електромагнітне випромінювання в діапазоні хвиль 400 – 10 нм. Розрізняють ближнє УФВ (400 – 200 нм) і дальнє (200 – 10 нм).

Природними джерелами УФВ є Сонце й зірки. Штучними джерелами УФВ є газорозрядні джерела світла, електричні дуги, лазери, високотемпературна плазма, прискорювані електрони. Найпотужніше УФВ дає плазма газового розряду.

Тіла починають генерувати УФВ при температурі нагрівання вище 1200 °С. Випромінювання розжареного до 3000 °С твердого тіла містить УФВ неперервного спектру з максимумом енергії при довжині хвилі, яка зменшується зі збільшенням температури. Інтенсивність УФВ і його спектральний склад залежать не тільки від температури нагрівання джерела, але й від відстані робочих місць від джерел УФВ і від наявності у виробничій атмосфері аерозолів і пороку. Інтенсивність випромінювання зменшується зі збільшенням відстані обернено пропорційно квадрату відстані. Пил, дим і гази поглинають УФВ і змінюють його спектральну характеристику. Енергетичною характеристикою УФВ є густина потужності потоку випромінювання, яка вимірюється в Вт/м².

УФВ у спектрі електромагнітних хвиль розташовано між видимим і рентгенівським (іонізуючим) випромінюванням. За способом генерації УФВ належить до теплових джерел, а за характером дії на біологічні тканини – наближено до дії іонізуючого випромінювання. На відміну від іонізуючого випромінювання, яке приводить до іонізації речовини, УФВ має таку енергію квантів, якої лише вистачає для приведення атомів речовини у збуджений стан, після чого виникають вторинні процеси, пов'язані з різними фотохімічними реакціями.

Під дію УФВ підпадають працівники при дуговому електрозварюванні, електроплавленні сталі, при виробництві радіоламп і ртутних випрямлячів, при експлуатації оптичних квантових генераторів, а технічний і медичний персонал – при роботі з ртутно-кварцевими лампами.

Біологічна дія УФВ кількісно оцінюється еритемною дією,

тобто почервонінням шкіри, яке згодом перетворюється на пігментацію шкіри, тобто на загар. При цьому потужність УФВ визначається еритемним потоком. Одиницею виміру потоку є *ер*. Один *ер* – це такий еритемний потік, який відповідає потоку випромінювання з довжиною хвилі 297 нм і потужністю 1 Вт. Еритемне опромінення визначається в $\text{ер}/\text{м}^2$, а еритемна доза (еритемна експозиція) – в $(\text{ер} \cdot \text{год})/\text{м}^2$.

УФВ в малих дозах необхідне для нормальної життєдіяльності людини. При тривалій відсутності УФВ в організмі розвиваються негативні явища, які одержали назву „світлового голодування” або „ультрафіолетової недостатності”. Для профілактики несприятливих дій, викликаних дефіцитом УФВ, використовують як сонячне випромінювання (обладнання соляріїв – ділянок для одержання сонячних ванн), так і штучні джерела УФВ. Штучне опромінення проводиться відповідно до „Рекомендацій з профілактики ультрафіолетової недостатності”. Водночас тривала дія великих доз УФВ викликає на шкірі дерматити з екземою, набряклість, жар, свербіння, утворення пухлин. УФВ з довжиною хвилі 280 – 315 нм може спричинити розвиток раку шкіри. В залежності від тривалості й інтенсивності дії УФВ виникають різні ураження очей: кератит (запалення роговиці) і помутніння кришталика ока (катаракта). Прямі й відбиті УФВ викликають сильне запалення очей, відоме під назвою фотоофтальмії, яка супроводжується болями в очах, слезотечею, світлобоязню, затуманенням зору, набряклістю, кон’юнктивітами. УФВ з довжиною хвилі 280 – 315 нм спричинює зміни в крові і нервовій системі. УФВ із довжиною хвилі 10 – 280 нм має велику руйнівну дію на біологічні тканини, оскільки володіє бактерицидними властивостями, тобто викликає загибель бактерій. Воно спричинює коагуляцію білків, мутацію й загибель клітин.

Методи захисту. Документ „Вказівки по проектуванню і експлуатації установок штучного ультрафіолетового опромінення на промислових підприємствах” регламентує допустиму інтенсивність УФВ. Згідно з цим документом максимальна добова доза – $60 (\text{мер} \cdot \text{год})/\text{м}^2$ для УФВ з довжиною хвилі більше ніж 280 нм. Для зниження інтенсивності УФВ застосовують наступні заходи: захист відстанню, екранування джерел випромінювання або робочих місць, захист часом, ЗІЗ, спеціальне

фарбування приміщень і раціональне розміщення робочих місць. Для екранування застосовують екрани, які поділяють на фізичні й хімічні. До *фізичних екранів* належать різні перепони, які відбивають, поглинають або розсіюють промені. До *хімічних екранів* належать хімічні речовини й креми, які містять інгредієнти, що поглинають УФВ. Як ЗІЗ використовується спецодяг, який виготовлений із тканини, що найменше пропускає УФВ, наприклад із попліну. Для захисту очей у виробничих умовах застосовують окуляри зі спеціальними стеклами. Повний захист від УФВ усіх довжин хвиль забезпечує флінтглас (скло, яке містить оксид свинцю) товщиною 2 мм.

При обладнанні приміщень необхідно враховувати, що відбиваюча здатність різних оздоблювальних матеріалів для УФВ інша, ніж для видимого світла. Добре відбиває УФВ полірований алюміній і крейдова побілка, у той час як оксиди цинку й титану, фарби на масляній основі – погано. Тому стіни й ширми в цехах фарбують у світлі тони (жовтий, голубий) цинковими або титановими білилами для поглинання УФВ.

7.5. Захист від інфрачервоного випромінювання

Інфрачервоне випромінювання (ІЧВ) або теплове випромінювання виникає у виробничих процесах, які супроводжуються виділенням тепла. Знаходячись поблизу розплавлених або нагрітих матеріалів, нагрітих поверхонь обладнання, полум'я, людина підпадає під дію ІЧВ.

ІЧВ знаходиться в області довжин хвиль від 750 нм до 1 мм. Чим вище температура тіла, тим більше інтенсивність випромінювання. Згідно із законом Стефана–Больцмана, густина потужності потоку випромінювання абсолютно чорного тіла прямо пропорційна четвертій степені абсолютної температури $q = \sigma_0 \cdot T^4$, де q – густина потужності потоку випромінювання, Вт/м²; $\sigma_0 = 5,67 \cdot 10^{-8}$ Вт/(м²·К⁴) – константа Стефана–Больцмана, T – температура випромінюючого тіла, К.

Нагріті тіла генерують неперервний спектр електромагнітного випромінювання з максимумом інтенсивності при певних довжинах хвиль. Зі збільшенням температури тіла цей максимум переміщується в спектрі в бік більш коротких хвиль. Це впливає

із закону зміщення Віна $\lambda_{\max} = 2,89/T$, де $\lambda_{\max}$ – довжина хвилі, при якій спостерігається максимум випромінювання, мм; T – температура тіла, К; 2,89 – сталие число, мм·К.

Біологічна дія ІЧВ залежить від спектра. Середньохвильове ІЧВ (1500 – 3000 нм) поглинається переважно в поверхневому шарі шкіри – епідермісі. Короткохвильове ІЧВ (750 – 1500 нм) володіє значно більшою проникністю через шкіру; воно досягає шарів дерми (під епідермісом) і підшкірної жирової клітковини. Дія ІЧВ при поглинанні супроводжується нагріванням шкіри й підсиленням обміну речовин. Збільшується вміст фосфору й натрію в крові, зменшується кількість лейкоцитів і тромбоцитів, спостерігається склеювання й випадання в осад еритроцитів у крові; частішає серцебиття й дихання, змінюється тиск, підвищується температура тіла й потовиділення, відбуваються відхилення в стані центральної нервової системи. Найважкіші ураження викликає короткохвильове ІЧВ: запаморочення і втрату свідомості, порушення координації рухів, ураження мозкових оболонок і мозкових тканин – аж до менінгіту й енцефаліту.

При тривалій дії ІЧВ відбувається різке порушення теплового балансу в організмі й відповідно функцій апарату терморегуляції, збільшується потовиділення, відбувається втрата необхідних організму солей. Порушення воднево-солевого балансу викликає різкі судороги переважно кінцівок. При частих перегріваннях підвищується схильність до застудних захворювань, знижується уважність, підвищується втомлюваність, зростає кількість помилкових операцій, знижується продуктивність праці.

При інтенсивності ІЧВ більше 5 кВт/м² через 2 хвилини людина відчуває дуже сильну теплову дію. Інтенсивність теплового випромінювання на відстані 1 м від доменних і мартенівських пічок при відкритих заслінках досягає 11,6 кВт/м².

ССБП „Засоби захисту від інфрачервоного випромінювання”, встановлюють гранично допустимий рівень інтенсивності випромінювання на робочих місцях: 0,35 кВт/м².

Методи захисту від інфрачервоного випромінювання наступні: теплоізоляція й охолодження гарячих поверхонь, екранування джерел ІЧВ, застосування повітряного обдування й раціональної вентиляції, зменшення часу перебування біля джерел ІЧВ, ЗІЗ. За діючими санітарними нормами, температура нагрітих поверхонь і

огорож на робочих місцях не повинна перевищувати 45°C.

Для *теплоізоляції* використовуються спеціальні бетони й цегла, мінеральна і скляна вата, азбест. Теплоізоляцію доцільно розмішувати в алюмінієвих кожухах.

Екранування джерел ІЧВ здійснюється тепловідбиваючими, теплопоглинаючими, тепловідводними екранами. Для тепловідбиваючих екранів використовують алюмінієву фольгу і фарбу, алюміній листовий, білу жерсть. Ефективність екранів погіршується у випадку їх окислення, осадження пилу й сажі. Як теплопоглинаючі екрани використовують металеві заслінки й щити, футеровані вогнетривкою цеглою, азбестові щити, сітки та інші конструкції. Тепловідводні екрани являють собою зварні або литі конструкції, які охолоджуються всередині проточною водою.

Повітряне обдування застосовують у випадках, коли технічними засобами захисту неможливо знизити інтенсивність ІЧВ на робочому місці до 0,35 кВт/м².

Вентиляція належить до технічних методів захисту як від ІЧВ, так і від шкідливих речовин у повітрі виробничих приміщень. Розрізняють вентиляцію природну й механічну. Природна вентиляція може бути організованою й неорганізованою. Організована керована природна вентиляція, яка здійснюється за рахунок різниці тисків зовнішнього й внутрішнього повітря і дії вітру, називається аерацією. При неорганізованій вентиляції свіже більш холодне повітря поступає через вікна й двері. Якщо переміщення повітря відбувається за допомогою вентиляторів із електроприводом, вентиляцію називають механічною. У залежності від напрямку потоку повітря механічна вентиляція буває втяжною, витяжною або комбінованою. Інтенсивність вентиляції характеризується *кратністю повітряобміну*, яка розраховується за формулою $K=L/V$, де L – об'єм повітря, яке подається або відводиться із приміщення, м³/год; V – об'єм приміщення, м³. Необхідний об'єм свіжого повітря може бути визначений за співвідношенням $L = 3600Q_{\text{над}}/[c_p\rho(T_v-T_n)]$, де $Q_{\text{над}}$ – надлишкова теплота, Дж/с; c_p – питома теплоємність повітря при даному тиску, Дж/(кг·К); ρ – густина повітря при 293К, кг/м³; T_v – температура повітря, яке виводиться із приміщення, К; T_n – температура повітря, яке подається в приміщення, К.

Як засоби індивідуального захисту використовують спецодяг із

стійкого до ІЧВ матеріалу: сукна, брезенту, синтетичних волокон або тканини з металевим покриттям, яка відбиває до 90% ІЧВ. Для захисту обличчя застосовують щитки із органічного скла, для захисту очей – окуляри зі спеціальними світлофільтрами із жовто-зеленого або синього скла.

7.6. Захист від електромагнітних полів

До природних джерел електромагнітних полів (ЕМП) належать атмосферна електрика, радіовипромінювання Сонця й галактик, електричні і магнітні поля Землі. Генерування, транспортування й використання електромагнітних коливань супроводжується виникненням в навколишньому середовищі електромагнітних полів. Штучними джерелами ЕМП є, наприклад, електротермічні установки, трансформатори, антени, котушки контурів, конденсатори, магнетронні генератори. Джерелами ЕМП промислової частоти є високовольні лінії електропередач, відкриті розподільні пристрої, системи захисту й автоматики. Джерелами постійних магнітних полів є електромагніти, соленоїди, литі й металокерамічні магніти.

Електромагнітне поле має певну енергію і поширюється в просторі у вигляді електромагнітних хвиль. До основних параметрів електромагнітних хвиль належать: довжина хвилі, частота коливань і швидкість поширення.

Назва діапазону частот	Діапазон частот	Діапазон довжин хвиль	Назва діапазону довжин хвиль
Низькі частоти НЧ	0,003 – 0,3 Гц	$10^7 - 10^6$ км	Інфранизькі
	0,3 – 3,0 Гц	$10^6 - 10^4$ км	Низькі
	3 – 300 Гц	$10^4 - 10^2$ км	Промислові
	300 Гц – 30 кГц	$10^2 - 10$ км	Звукові
Високі частоти ВЧ	30 – 300 кГц	10 – 1 км	Довгі
	300 кГц – 3 МГц	1 км – 100 м	Середні
	3 – 30 МГц	100 – 10 м	Короткі
	30 – 300 МГц	10 – 1 м	Ультра-короткі
Ультрависокі частоти УВЧ			
Надвисокі частоти НВЧ	300 МГц – 3 ГГц	100 – 10 см	Дециметрові
	3 – 30 ГГц	10 – 1 см	Сантиметрові
	30 – 300 ГГц	10 – 1 мм	Міліметрові

У залежності від частоти коливань (довжини хвилі) ЕМП поділяють на чотири діапазони (таблиця). Частота коливань виражається в герцах (Гц). Похідні одиниці: кілогерц (1 кГц=10³ Гц); мегагерц (1 МГц=10⁶ Гц); гігагерц (1 ГГц=10⁹ Гц).

Основним параметром магнітостатичного поля є напруженість магнітного поля, яка визначається за силою, що діє в полі на провідник зі струмом. Одиницею напруженості є ампер на метр (А/м). Електростатичне поле характеризується напруженістю, яка визначається за силою, що діє в полі на електричний заряд, і виражається у вольтах на метр (В/м).

Змінне електромагнітне поле – це сукупність магнітного й електричного полів, які поширюються в просторі у вигляді електромагнітних хвиль. При поширенні електромагнітної хвилі в провідному середовищі (наприклад у металі) напруженості електричного E і магнітного H полів зв'язані співвідношенням

$$E = H(\omega\mu/\sigma)^{1/2} \cdot e^{-kz},$$

де $\omega = 2\pi\nu$ – кругова частота електромагнітних коливань; μ – магнітна проникність речовини; σ – питома електропровідність речовини екрана; $k = (\sigma\omega\mu/2)^{1/2}$ – коефіцієнт згасання; z – глибина проникнення електромагнітного поля в екран.

При поширенні ЕМП у вакуумі або в повітрі $E=377 \cdot H$. Вектори напруженостей електричного E і магнітного H полів перпендикулярні до напрямку поширення електромагнітної хвилі й знаходяться у взаємно перпендикулярних площинах. Довжина хвилі λ зв'язана з частотою ν виразом $\lambda\nu=v$, де $v=c/(\mu\epsilon)^{1/2}$ – швидкість поширення електромагнітних хвиль; $c=3 \cdot 10^8$ м/с – швидкість світла у вакуумі; μ і ϵ – магнітна і діелектрична проникності середовища. Для повітря $v=c$.

Густина потоку енергії, Вт/м², визначається як кількість енергії, яка переноситься за одну секунду через одиницю площі поверхні, перпендикулярної до напрямку поширення хвилі.

Для сферичних хвиль густина потоку енергії може бути виражена через потужність джерела ЕМП ($P_{дж}$)

$$J = P_{дж}/(4\pi R^2) = E \cdot H = E^2/377,$$

звідки напруженість електричного поля, В/м,

$$E = (30P_{дж})^{1/2}/R,$$

де R – відстань до джерела випромінювання.

Область поширення ЕМП від джерела випромінювання умовно

поділяють на три зони: ближню (зону індукції), проміжну (зону інтерференції) і дальню (хвильову або зону випромінювання). Ближня зона має радіус $R = \lambda/6$. Дальня зона починається з відстані від джерела, що дорівнює приблизно $R = 6\lambda$. Між ближньою й дальньою зонами розташована проміжна зона. У ближній і проміжній зонах електромагнітна хвиля ще не сформована, внаслідок чого електричне й магнітне поля слід вважати незалежними одне від одного, а оцінювання здійснювати окремо напруженостями електричної й магнітної складових поля. У цих зонах звичайно знаходяться робочі місця по обслуговуванню джерел ВЧ- і УВЧ діапазонів ЕМП. У дальній (хвильовій) зоні, де електромагнітна хвиля сформована, знаходяться робочі місця по обслуговуванню НВЧ-апаратури, і ЕМП оцінюється не по напруженості, а по енергії (потужності), яка переноситься хвилею в напрямку свого поширення, а саме – густиною потоку енергії.

Ступінь дії ЕМП на організм людини залежить від діапазону частот, інтенсивності й тривалості опромінення, а також від індивідуальних особливостей організму.

Механізм дії ЕМП на організм людини полягає в наступному: в електричному полі атоми й молекули, з яких складається тіло людини, поляризуються; полярні молекули, наприклад води, орієнтуються за напрямком поширення електромагнітного поля. В електролітах, якими є рідкі складові тканин і крові, з'являються іонні струми. Змінне електричне поле викликає нагрівання тканин людини за рахунок змінної поляризації діелектрика (сухожиль, хрящів). Нагрівання тканин також відбувається внаслідок появи струмів провідності. В усіх випадках поглинається енергія електромагнітного поля. Чим більша напруженість поля і час дії, тим сильніше виявляються зазначені ефекти.

Надлишкова теплота відводиться з організму шляхом збільшення навантаження на механізм терморегуляції. Але, починаючи з величини густини потоку енергії $J = 10 \text{ Вт/м}^2$, яка називається *тепловим порогом*, організм не справляється з відведенням надлишкової теплоти, і температура тіла підвищується, що приносить шкоду здоров'ю.

Найбільш інтенсивно електромагнітні поля діють на організм із великим вмістом води. Перегрівання же особливо шкідливе для тканин і органів із слабозвинutoю судинною системою або з

недостатнім кровообігом, таких як очі, мозок, нирки, шлунок, жовчний міхур, сечовий міхур. Кровоносна система подібна до системи водяного охолодження. Опромінення очей викликає помутніння кришталика ока (катаракту), яке виявляється не зразу, а через кілька тижнів після опромінення.

Електромагнітні поля спричиняють специфічну дію на тканини людини при інтенсивності поля, значно меншій теплового порогу. ЕМП змінюють орієнтацію клітин або ланцюгів молекул відповідно до напрямку силових ліній електромагнітного поля, ослаблюють біохімічну активність білкових молекул, порушують функції серцево-судинної системи й обміну речовин. Однак ці зміни мають оборотний характер: достатньо припинити опромінення, і хворобливі явища зникають.

Дія постійних магнітних і електростатичних полів залежить від їх напруженості й часу дії. При дії полів, які мають напруженість вище граничнодопустимого рівня, з'являються порушення нервової, серцево-судинної систем, органів дихання, органів травлення і деяких біологічних показників крові.

Магнітна складова електромагнітного поля помітно не впливає на організм людини, оскільки в діючих установках напруженість магнітного поля промислової частоти не перевищує 25 А/м, а шкідлива дія спостерігається при напруженостях 150 – 200 А/м.

Електричне поле промислової частоти (3 – 300 Гц) діє безпосередньо на мозок і центральну нервову систему людини. Крім того, електричне поле зумовлює виникнення розрядів між людиною й металевими предметами, які мають інший, ніж людина, потенціал. Струм розряду може викликати судороги.

Біологічна дія ЕМП найбільша в області НВЧ. При цьому порушуються функції ендокринної, нервової, серцево-судинної систем, змінюється склад крові.

У залежності від діапазону частот в основу гігієнічного нормування електромагнітних випромінювань покладено різні принципи. Критерієм безпеки для людини, яка знаходиться в ЕМП промислової частоти, прийнята напруженість електричного поля E ; при цьому нормується час перебування (τ , хвил.) в полі (протягом однієї доби) в залежності від його напруженості E . При $E < 5$ кВ/м час перебування в ЕМП необмежений; при $E = (5 - 10)$ кВ/м $\tau \leq 180$ хвил.; при $E = (10 - 15)$ кВ/м $\tau \leq 90$ хвил.; при

$E=(15 - 20) \text{ кВ/м}$ $\tau \leq 10$ хвил.; при $E=(20 - 25) \text{ кВ/м}$ $\tau \leq 5$ хвил.

Напруженості ЕМП на робочих місцях не повинна перевищувати наступних граничнодопустимих значень:

За електричною складовою, E , В/м
50 – для частот від 60 кГц до 3 МГц
20 – -»- від 3 МГц до 30 МГц
10 – -»- від 30 МГц до 50 МГц
5 – -»- від 50 МГц до 300 МГц
За магнітною складовою, H , А/м
5 – для частот від 60 кГц до 1,5 МГц
0,3 – -»- від 30 МГц до 50 МГц

У діапазоні 300 МГц – 300 ГГц нормується густина потоку енергії ЕМП, граничнодопустиме значення якої $J=10 \text{ Вт/м}^2$, а при наявності іонізуючих випромінювань або високій температурі повітря у виробничих приміщеннях (вище 28°C) – 1 Вт/м^2 .

Методи захисту від ЕМП: зменшення напруженості й густини потоку енергії ЕМП шляхом використання вбірачів потужності; екранування джерел ЕМП; віддалення робочих місць від джерела ЕМП; застосування попереджувачої сигналізації (світлової, звукової) і засобів індивідуального захисту.

Найефективнішим методом захисту є екранування. Для екранів використовуються матеріали з великою електричною провідністю (мідь, латунь, алюміній і його сплави, сталь). Захисна дія екранів зумовлена тим, що зовнішнє ЕМП створює в екрані струми Фуко, які наводять у ньому вторинне поле, за амплітудою майже однакове, а за фазою протилежне зовнішньому полю. Результируюче поле, що виникає при накладанні цих двох полів, дуже швидко зменшується в екрані, проникаючи в нього на незначну глибину. Зменшення амплітуди падаючої хвилі в міру проникнення в провідне середовище екрана характеризується глибиною проникнення, під якою розуміють відстань уздовж поширення хвилі, на якій амплітуда падаючої хвилі E (або H) зменшується в e разів. Глибина проникнення z визначається з виразу $kz=1$, де $k=(\sigma\omega/2)^{1/2}$. Наприклад, якщо електромагнітна хвиля має частоту $\nu=9 \text{ кГц}$ і проникає в середовище, у якого питома електропровідність $\sigma=10^5 \text{ Ом}^{-1}\text{м}^{-1}$ (сталь), то глибина проникнення $z=0,005 \text{ см}$. Отже, на глибині $z=0,05 \text{ мм}$ амплітуди E і H електромагнітної хвилі зменшуються в 2,7 разу навіть при

дуже низькій частоті. Збільшення частоти приводить до зменшення z . Тобто ефективність екранування зростає зі збільшенням частоти ЕМП. З міркувань міцності екрани звичайно виготовляють товщиною не менше 0,5 мм із листового електропровідного матеріалу. Оглядові вікна та інші технологічні отвори в екранах закривають густою металевою сіткою з комірками не більше 4×4 мм². Екран повинен заземлюватись. Заземлені екрани можуть мати вигляд камер, кожухів, шаф, в яких розміщується апаратура (джерела ЕМП); на шляху випромінювання встановлюють захисні перепони, ширми.

Джерела ВЧ- і УВЧ-електромагнітних полів, можуть викликати вторинне ЕМП у сусідніх приміщеннях. Провідниками енергії ЕМП можуть бути дроти освітлювальної й телефонної мереж. Для запобігання поширенню енергії по мережі в місцях виходу дротів із екрана застосовують електричні фільтри.

Як засоби індивідуального захисту застосовують спецодяг, виготовлений із металізованої тканини у вигляді комбінезонів, халатів, курток із капюшонами й вмонтованими в них захисними окулярами із стеклами, які містять оксид олова, що забезпечує ослаблення потужності ЕМП не менше ніж у 1000 разів. Застосовують також сіткові окуляри з кількістю комірок 186 – 560 на 1 см² при діаметрі дроту 0,07 – 0,14 мм. При використанні спецодягу із металізованої тканини необхідно суворо дотримуватись вимог електробезпеки.

8. ЕЛЕКТРОБЕЗПЕКА

8.1. Дія електричного струму на організм людини

Електротравматизм має наступні особливості:

1. Людина не має органів, за допомогою яких можна дистанційно визначити наявність напруги, і тому захисна реакція організму виявляється тільки після потрапляння під напругу.
2. Струм, який протікає через людину, діє не тільки в місцях контакту і на шляху протікання через організм, але й викликає рефлекторну дію, порушує діяльність серцево-судинної, нервової систем і системи дихання.
3. Існує можливість одержання електротравм не тільки при дотику до частин електрообладнання, але й без безпосереднього

контакту з цими частинами, наприклад через електричну дугу.

Електричний струм, протікаючи через організм людини, спричинює термічну, електролітичну й біологічну дії.

Термічна дія струму характеризується нагріванням тканин, аж до опіків. *Електролітична дія* супроводжується розкладанням речовин, у тому числі й крові. *Біологічна дія* проявляється в руйнуванні, збудженні й скороченні м'язів.

Розрізняють три види електротравм: місцеві; загальні (електричні удари) і змішані.

До місцевих електротравм належать електричні опіки, знаки, металізація шкіри, механічні ушкодження й електрофтальмія.

Електричні опіки в залежності від умов виникнення поділяють на контактні, дугові й змішані. *Контактний опік* виникає при проходженні через тіло струму більше ніж 1 А при напрузі до 1 кВ і є опіком шкіри й сусідніх підшкірних тканин. *Дуговий опік* є наслідком випадкових коротких замикань в установках від 1 кВ до 10 кВ або наслідком помилкових операцій із комутаційною апаратурою в установках більш високих напруг. Електрична дуга може перекинутися на людину, тоді через організм протікатиме струм у декілька десятків ампер: висушуються й обвуглюються тканини на шляху протікання струму, отже це внутрішній опік.

Електричні знаки – це плями сірого або блідо-жовтого кольору на шкірі в місці контакту з електродами. Знаки мають круглу або овальну форму з різко окресленими краями із заглибленням у центрі, або бувають у вигляді невеликих ран, крововиливів. З часом вони зникають безслідно.

Металізація шкіри – це насичування шкіри частинками металу при його розбризкуванні й випаровуванні під дією струму. Уражена ділянка шкіри має шорстку поверхню, забарвлення якої визначається кольором відповідного металу: зелене – при контакті з міддю, сіре – з алюмінієм, синьо-зелене – з латунню. З часом металізована шкіра відшаровується і уражена ділянка набуває нормального вигляду. Дуже небезпечна металізація очей.

Механічні ушкодження є наслідком судорожних скорочень м'язів, які виникли під дією струму: розриви шкіри, сухожиль, кровоносних судин, вивихи суглобів, переломи кісток.

Електрофтальмія – це запалення оболонок очей (роговиці, кон'юнктиви) внаслідок дії ультрафіолетових променів

електричної дуги. Електроофтальмія виявляється в почервонінні й запаленні очей, слъзотечі, гнійних виділеннях, світлобоязні. Хвороба продовжується кілька днів.

Електричний удар супроводжується збудженням живих тканин струмом і судорожними скороченнями м'язів. У залежності від наслідків електричні удари бувають чотирьох ступенів: 1 – судорожне скорочення м'язів без втрати свідомості; 2 – скорочення м'язів із втратою свідомості, зі збереженням дихання й роботою серця; 3 – втрата свідомості й порушення серцевої діяльності або дихання; 4 – стан клінічної смерті.

Клінічна смерть – це перехідний стан від життя до біологічної смерті, коли серцева діяльність і дихання припиняються. Ознаки клінічної смерті: зупинка серця і як наслідок – відсутність пульсу і дихання, шкіряний покрив синювато-блідий, зіниці очей розширені (через кисневе голодування кори головного мозку) і не реагують на світло. При цьому відбувається загибель клітин кори головного мозку, які дуже чутливі до кисневого голодування. Тривалість клінічної смерті становить 6 – 8 хвилин.

Причини смерті від ураження електричним струмом: припинення дихання і роботи серця, електричний шок.

Припинення дихання зумовлене дією струму на легені. При невеликих струмах (до 25 мА, 50 Гц) настає задуха (асфіксія). Припинення дихання виникає при короткочасній дії (в кілька секунд) великих струмів (у декілька сотень міліампер).

Припинення роботи серця зумовлене дією струму на серцевий м'яз. При цьому може відбутися зупинка або фібриляція серця – хаотичне скорочення волокон серцевого м'яза (фібрил). У стані фібриляції серце не може виконувати функції насосу.

Електричний шок – це тяжка нервово-рефлекторна реакція організму на дію струму, коли виникають глибокі розлади дихання, кровообігу, нервової системи, обміну речовин. Зразу після дії струму настає короткочасна фаза збудження організму, з'являється реакція на біль, підвищується артеріальний тиск; потім – фаза гальмування: виснажується нервова система, знижується артеріальний тиск, ослаблюється дихання, падає пульс, виникає стан депресії. Шоковий стан може тривати від кілька десятків хвилин до доби, після чого настає одужання (як результат активного лікування) або біологічна смерть (внаслідок

повного згасання життєво важливих функцій організму).

Тяжкість ураження електричним струмом залежить від сили струму, електричного опору тіла людини й тривалості протікання через нього струму, виду і частоти струму, індивідуальних властивостей людини і умов навколишнього середовища.

Основним фактором ураження людини, є *сила струму*. Для характеристики дії електричного струму на людину встановлено три критерії струму (таблиця): *порогів відчутний струм* (найменше значення сили струму, яке викликає відчутні подразнення); *порогів невідпускаючий струм* (найменше значення сили струму, яке викликає судорожні скорочення м'язів руки, яка тримає провідник); *порогів фібриляційний струм* (найменше значення сили струму, яке викликає фібриляцію серця).

При протіканні струму по шляху “рука – рука” або “рука – ноги” значення сили струму наступні:

Род струму	Порогів відчутний струм, мА	Порогів невідпускаючий струм, мА	Порогів фібриляційний струм, мА
Змінний струм, 50 Гц	0,5-1,5	6-10	80-100
Постійний струм	5-7	50-80	300

Наведені дані деякою мірою умовні, оскільки вони залежать від індивідуальних особливостей людини – від стану нервової системи, фізичного розвитку людини. Для жінок порогові величини струму приблизно в 1,5 разу менші, ніж для чоловіків.

На ступінь ураження струмом впливає *опір тіла людини*, який може змінюватись у дуже широких межах. Найбільший опір у верхнього шару шкіри товщиною близько 0,2 мм. Питомий електричний опір сухої шкіри дорівнює $3 \cdot 10^3 - 2 \cdot 10^4$ Ом·м, а спинномозкової рідини – 0,5 – 0,6 Ом·м. Загальний опір тіла людини при сухій, чистій і непошкодженій шкірі (проміряний при напрузі до 15 – 20 В) знаходиться в межах 3 – 1000 кОм і більше; опір внутрішніх тканин тіла – 300 – 500 Ом.

Тривалість протікання струму через тіло людини значно

впливає на ступінь ураження у зв'язку з тим, що з часом різко зменшується опір шкіри людини, більш ймовірним стає ураження серця й легенів. Наприклад, для змінного струму частотою 50 Гц граничнодопустимий струм при тривалості дії 0,1 с має величину 500 мА, а при дії протягом 1 с – вже 50 мА.

Суттєве значення має *шлях струму* через тіло людини. Найбільша небезпека виникає при проходженні струму через життєво важливі органи (серце, легені, головний мозок). Ступінь ураження залежить від виду струму. Змінний струм небезпечніше постійного, але це характерно тільки для напруг до 300 В; при більших напругах небезпечнішим стає постійний струм.

Індивідуальні властивості людини впливають на тяжкість ураження. Хвороби шкіри, серцево-судинної системи, легенів, нервові хвороби, збільшують сприйнятливість до електричного струму. Тому до обслуговування електроустановок допускаються особи, які пройшли медичний огляд.

8.2. Класифікація електроустановок і приміщень

Машини, апарати, лінії й допоміжне обладнання, які здійснюють виробництво, трансформацію, передачу, розподіл електричної енергії, називаються *електроустановками*. Їх поділяють за напругою до 1000 В і вище 1000 В. За режимом нейтралі розрізняють наступні типи електроустановок: 1 – з напругою вище 1000 В у мережах з ефективно заземленою нейтраллю (з великими струмами замикання на землю); 2 – з напругою вище 1000 В у мережах з ізолюваною нейтраллю (з малими струмами замикання на землю); 3 – з напругою до 1000 В з глухозаземленою нейтраллю; 4 – з напругою до 1000 В з ізолюваною нейтраллю.

Електричною мережею з ефективно заземленою нейтраллю називається трифазна електрична мережа напругою вище 1000 В з коефіцієнтом замикання на землю не більше 1,4. Коефіцієнт замикання – відношення різниці потенціалів між непошкодженою фазою й землею в точці замикання другої фази до різниці потенціалів між фазою і землею в цій точці до замикання.

Глухозаземленою нейтраллю називається нейтраль генератора або трансформатора, яка приєднана до заземлюючого пристрою

безпосередньо або через малий опір.

Ізольованою називається нейтраль, яка не приєднана до заземлюючого пристрою або приєднана до нього через прилади сигналізації, вимірювальні прилади з великим опором.

У залежності від умов приміщення з електрообладнанням поділяють на три типи: 1 – з підвищеною небезпекою; 2 – особливо небезпечні приміщення; 3 – без підвищеної небезпеки.

Підвищена небезпека створюється при відносній вологості $\geq 75\%$, при підвищеній більше 35°C температурі повітря, при наявності струмопровідних пилу (вугільного, металевого) і підлог (металевих, земляних, залізобетонних, цегляних).

Особлива небезпека виникає при високій відносній вологості повітря (близької до 100%) або в умовах хімічно активного середовища, яке руйнує ізоляцію електрообладнання. За ступенем небезпеки умови експлуатації електрообладнання поза межами приміщень порівнюються до особливо небезпечних приміщень.

Приміщення без підвищеної небезпеки – це приміщення, в яких відсутні перелічені умови. Але такі приміщення не можна вважати безпечними, оскільки там, де використовуються електроустановки, завжди існує небезпека ураження струмом.

8.3. Умови ураження людини електричним струмом

Ураження людини струмом або дугою може відбутися в наступних випадках: при однофазному (однополюсному) дотику людини до неізольованих струмоведучих частин установок; при одночасному дотику людини до двох фаз або двох полюсів електроустановок, які знаходяться під напругою; при дотику людини до неструмоведучих металевих частин (корпусів) електроустановок, які виявились під напругою через замикання на корпус (*електричним замиканням на корпус* називається випадкове електричне з'єднання струмоведучої частини з металевими неструмоведучими частинами обладнання); при дії атмосферної електрики під час розряду блискавки; при дії електричної дуги; при звільненні іншої людини, яка знаходиться під напругою. Найбільш небезпечний двофазний (двополюсний) дотик, оскільки людина підпадає під робочу напругу, і у випадку мережі постійного струму або однофазної мережі (рис.1, а) через

людину проходить струм, який дорівнює: $I_{\text{л}} = U_{\text{роб}}/R_{\text{л}}$, де $U_{\text{роб}}$ – робоча напруга мережі; $R_{\text{л}}$ – опір людини; у випадку трифазної мережі (рис.1, б) $I_{\text{л}} = U_{\text{лін}}/R_{\text{л}} = 3^{1/2} U_{\text{ф}}/R_{\text{л}}$, де $U_{\text{лін}}$ – лінійна напруга мережі; $U_{\text{ф}}$ – фазна напруга мережі.

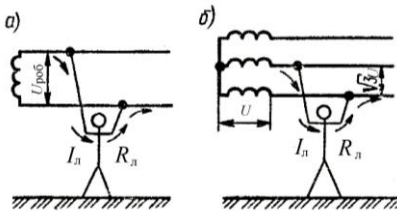


Рис.1. Двофазний (двополюсний) дотик до струмоведучих частин: а – у мережі постійного струму або в однофазній мережі; б – у трифазній мережі

8.4. небезпека замикання на землю в електроустановках

При замиканні на корпус струм стікає в землю через заземлювач – провідник, який знаходиться в безпосередньому контакті із землею, і на її поверхні з'являються потенціали ϕ (рис.2, а), закон розподілу яких $\phi(x)$ залежить від типу заземлювача. Наприклад, для півкульового заземлювача $\phi(x) = I_3 \rho / (2\pi x)$, де I_3 – сила струму замикання на землю, ρ – питомий опір ґрунту, x – відстань від заземлювача. Зона землі, де з'являється електричний потенціал, який зумовлений струмом короткого замикання на землю, називається зоною або полем розтікання струму. Теоретично це поле поширюється до нескінченності, але в реальних умовах вже на відстані 20 м від заземлювача $\phi = 0$. Отже, можна вважати, що і поле розтікання струму поширюється в радіусі 20 м від заземлювача.

Важливими поняттями є напруга дотику й напруга кроку.

Напруга дотику – це напруга $U_{\text{д}}$ (рис.2, б), під яку потрапляє людина, стоячи на ґрунті й торкаючись до корпусу обладнання, який виявився під напругою. Чисельно $U_{\text{д}}$ дорівнює різниці потенціалів корпусу $\phi_{\text{к}}$ і ґрунту $\phi_{\text{х}}$ в точці, де знаходяться ноги людини: $U_{\text{д}} = \phi_{\text{к}} - \phi_{\text{х}} = U_{\text{к}} \alpha$, де $U_{\text{к}}$ – напруга на корпусі обладнання відносно точки поверхні землі поза зоною розтікання струму замикання на землю; $\alpha = 1 - \phi_{\text{х}}/\phi_{\text{к}} \leq 1$ – коефіцієнт напруги дотику, який враховує форму потенціальної кривої і залежить від типу заземлювача і відстані людини до заземлювача.

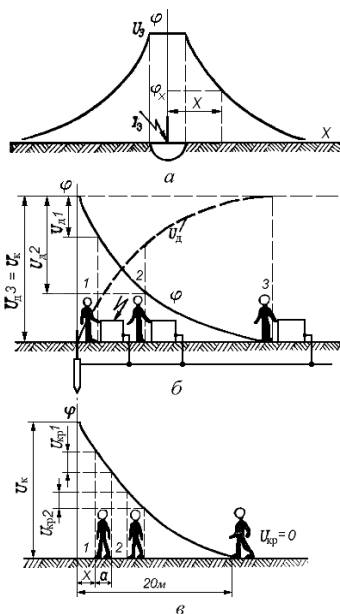


Рис.2. Небезпека замикання на землю в електроустановках: а – розподіл потенціалу на поверхні землі; б – напруга дотику при різній відстані від заземлювача; в – напруга кроку в залежності від відстані від заземлювача.

де β – коефіцієнт напруги кроку, який враховує форму потенціальної кривої і який залежить від відстані від заземлювача x і довжини кроку a . $\beta = (\varphi_x - \varphi_{x+a}) / \varphi_0 \leq 1$, де φ_0 – потенціал на заземлювачі. Значення β і $U_{кр}$ максимальні при найменшій відстані від заземлювача, тобто коли людина стоїть однією ногою безпосередньо на заземлювачі, а другою – на відстані кроку від нього. Найменші значення $\beta \approx 0$ і $U_{кр} \approx 0$ можуть бути при нескінченно великому віддаленні від заземлювача, а практично за межами поля розтікання струму, тобто більше ніж 20 м, а також поблизу заземлювача, якщо довжина кроку дорівнює нулю ($a=0$, коли ступні людини знаходяться поряд), або коли ступні знаходяться на одній еквіпотенціальній лінії (на одній

Біля заземлювача (випадок 1) $\alpha=0$ і $U_d=0$, коли людина стоїть безпосередньо на заземлювачі. За межами зони розтікання струму (практично на відстані $x \geq 20$ м – випадок 3) $\alpha=1$, а напруга дотику має найбільше значення: $U_d=U_k$ – це найнебезпечніший випадок. Напруга дотику збільшується зі збільшенням відстані від заземлювача і за межами зони розтікання струму дорівнює напрузі на корпусі обладнання відносно землі. Струм, який протікає через людину по шляху рука – ноги, дорівнює: $I_n=U_d/R_n$.

Напруга кроку – це напруга між двома точками ланцюга струму, які знаходяться одна від одної на відстані кроку, на яких одночасно стоїть людина. Чисельно напруга кроку дорівнює різниці потенціалів точок поверхні ґрунту, на яких знаходяться ноги людини: φ_x і φ_{x+a} (рис.2, в). За аналогією з напругою дотику $U_{кр}=\varphi_x-\varphi_{x-a}=U_k\beta$,

відстані від заземлювача). При потраплянні під напругу кроку струм, який протікає через людину по шляху нога – нога, дорівнює $I_{\text{л}} = U_{\text{кр}} / R_{\text{л}}$. Такий шлях струму менш небезпечний, ніж шлях рука – ноги, але цей струм викликає судороги в ногах і людина падає. Після падіння ланцюг струму замикається вздовж тіла людини – через серце й дихальні шляхи. При цьому людина „замикає” точки ґрунту з більшою різницею потенціалів, оскільки зріст людини більше довжини кроку.

8.5. Забезпечення електробезпеки

Електробезпека на виробництві забезпечується відповідною конструкцією електроустановок; застосуванням технічних засобів захисту; захисними й організаційними заходами.

Конструкція електроустановок повинна забезпечувати захист персоналу від дотику зі струмоведучими частинами, а обладнання – від потрапляння всередину сторонніх твердих тіл і води.

Основними технічними засобами захисту від ураження електричним струмом, які використовуються окремо або в поєднанні один із одним, є: захисне заземлення; занулення; вирівнювання потенціалів; захисне вимкнення; огорожі; ізоляція струмопровідних частин; блокування; сигналізація; знаки безпеки; ізолюючі захисні пристрої. До найпоширеніших технічних засобів захисту належать заземлення й занулення.

Захисним заземленням називається електричне з'єднання з землею металевих неструмоведучих частин, які можуть виявитися під напругою. Застосовують захисне заземлення в трифазній трипровідній мережі до 1000 В з ізольованою нейтраллю і в мережі вище 1000 В з любым режимом нейтралі (рис.3, а, б). Призначення захисного заземлення – усунення небезпеки ураження електричним струмом людини при появі напруги на металевих неструмоведучих частинах електрообладнання.

Принцип дії захисного заземлення – зниження до безпечних значень напруг дотику й кроку, зумовлених замиканням на корпус, що досягається зменшенням потенціалу заземленого обладнання, а також вирівнюванням потенціалів за рахунок підвищення потенціалу основи, на якій стоїть людина, до потенціалу, близького за значенням до потенціалу обладнання.

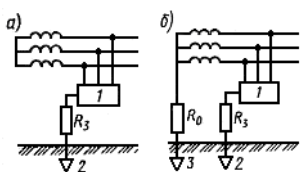


Рис.3. Схема захисного заземлення: *а* – у мережі з ізолюованою нейтраллю до 1000 В; *б* – у мережі з заземленою нейтраллю вище 1000 В; 1 – заземлене обладнання; 2 – заземлювач захисного заземлення; 3 – заземлювач заземлення нейтралі джерела струму.

Пристрій для заземлення складається із заземлювача (одного або кількох металевих елементів, заглиблених в ґрунт) і провідників, які з'єднують корпус з заземлювачем. У залежності від розташування заземлювачі поділяють на виносні й контурні.

Виносний пристрій для заземлення характеризується тим, що заземлювач, який забезпечує контакт із землею, винесений за межі майданчика, на якому розташоване обладнання. Недолік – віддаленість заземлювача від обладнання, внаслідок чого коефіцієнт $\alpha=1$ і, отже, напруга дотику U_d дорівнює напрузі на корпусі U_k . Тому даний тип заземлювача використовується лише при малих значеннях струму замикання на землю, в обладнанні з напругою до 1000 В. Перевагою виносного заземлювача є можливість вибору місця розміщення електродів із найменшим опором ґрунту (сире, глинисте, в низинах).

Контурний пристрій для заземлення характеризується тим, що його окремі заземлювачі розміщуються по контуру (периметру) майданчика, на якому знаходиться обладнання, або по всьому майданчику – рівномірно на відстані один від одного в кілька метрів. Безпека досягається шляхом вирівнювання потенціалів і одержання безпечних значень напруги дотику й кроку. Всередині приміщення вирівнювання потенціалів здійснюється за допомогою металевих конструкцій й провідників.

Заземлювачі бувають природними й штучними. Як *природні заземлювачі* використовують прокладені в землі водопровідні й інші металеві трубопроводи, за винятком трубопроводів горючих рідин, горючих і вибухонебезпечних газів; також використовують труби артезіанських колодязів, свердловин, металеву арматуру залізобетонних споруд, що знаходяться в ґрунті. Природні заземлювачі, як правило, мають малий опір розтіканню струму, і тому використання їх для цілей заземлення дають велику економію. Недоліком природних заземлювачів є доступність їх

неелектротехнічному персоналу й можливість порушення неперервності з'єднання заземлювачів при ремонтних роботах. Як *штучні заземлювачі* використовують вертикальні й горизонтальні електроди, які забивають в ґрунт за допомогою спеціальних механізмів. Вертикальні електроди (сталеві труби, прутки, кутки) з'єднуються горизонтальними електродами.

Згідно з ССБП „Електробезпека. Захисне заземлення. Занулення”, опір захисного заземлення в будь-яку пору року не повинен перевищувати 4 Ом в обладнанні змінного струму напругою до 1000 В. Якщо потужність джерела струму менше 100 кВт, то опір заземлювача може досягати 10 Ом. В обладнанні напругою вище 1000 В з ефективно заземленою нейтраллю опір захисного заземлення не повинен перевищувати 0,5 Ом.

Занулення. У мережах з глухозаземленою нейтраллю захисне заземлення вважається недостатньо ефективним, тому застосовують особливий тип захисту – занулення. *Зануленням* називається електричне з'єднання з нульовим захисним провідником металевих неструмоведучих частин, які можуть виявитися під напругою. Занулення застосовується в трифазній мережі напругою до 1000 В. При цьому нейтраль джерела струму (генератора або трансформатора) приєднана до заземлювача, який розташовують поблизу цього джерела або біля стіни приміщення, в якому воно знаходиться.

У мережах із зануленням розрізняють нульовий захисний провідник (НЗ) і нульовий робочий провідник (НР). *Нульовим захисним провідником* називають провідник, який з'єднує корпус обладнання з заземленою нейтральною точкою обмотки джерела струму. *Нульовий робочий провідник* використовують для живлення струмом споживачів; його також з'єднують із заземленою нейтраллю трансформатора або генератора (рис. 4).

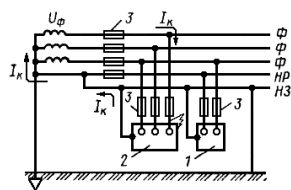


Рис. 4. Схема занулення в трифазній мережі з нульовим робочим (НР) і нульовим захисним (НЗ) провідниками: 1 – корпус однофазного приймача струму; 2 – корпус трифазного приймача струму; 3 – плавкі запобіжники; I_k – струм однофазного короткого замикання; Φ – фазний дріт; U_Φ – фазна напруга.

Завдання занулення теж саме, що й захисного заземлення: усунення небезпеки ураження людей струмом при замиканні на корпус. Принцип дії занулення полягає в перетворенні замикання на корпус в однофазне замикання, тобто замикання між фазним і нульовим захисним провідниками з метою створення великого струму, здатного забезпечити спрацювання захисту й тим самим автоматично від'єднати установку від мережі. Таким захистом є плавкі запобіжники або автоматичні вимикачі. Швидкість від'єднання установки складає 5 – 7 с при захисті установки запобіжниками і 1 – 2 с – при захисті автоматами.

Плавкі запобіжники при підвищенні сили струму вище допустимої розплавляються й цим переривають електричний струм. Вони бувають пробкові, трубчасті й пластинчасті. *Пробковий запобіжник* складається з корпусу, виконаного із ізолюючого матеріалу й пробки, всередині якої знаходиться дріт із легкоплавкого металу. При вгвинчуванні пробки в патрон корпусу електричний ланцюг стає замкненим через дріт, який розрахований на певну силу струму. *Трубчасті запобіжники* складаються із ізоляційної трубки, всередині якої вмонтований легкоплавкий дріт. *Пластинчасті запобіжники* складаються із однієї або кількох плавких вставок, змонтованих на ізолюючій основі. Запобіжники поміщають у закриті кожухи.

Швидкодіюче захисне від'єднання – це швидкодіючий захист, який забезпечує автоматичне від'єднання електроустановки від мережі при виникненні небезпеки ураження електричним струмом. Принцип дії захисного від'єднання полягає в негайному розриві електричного ланцюга, як тільки з'являється замикання на корпус і небезпека ураження. Час, за який здійснюється від'єднання, не повинен перевищувати 0,2 с. Захисне від'єднання складається із датчика, перетворювача й виконавчого пристрою. Схеми захисного від'єднання поділяють на кілька типів у залежності від параметра, на який реагує датчик, наприклад, на струм замикання на землю, на напругу фази відносно землі, на напругу корпусу електроустановки відносно землі.

Схема захисного від'єднання (рис. 5) реагує на напругу корпусу електроустановки відносно землі. Як чутливий елемент (датчик) реле максимальної напруги включається між корпусом електроустановки й допоміжним заземлювачем. При появі

напруги на корпусі обладнання спрацьовує реле, і ланцюг котушки керування розривається. Осердя цієї котушки звільнюється і розмикає контакти автоматичного вимикача.

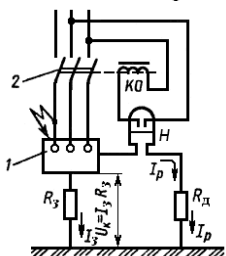


Рис. 5. Схема пристрою захисного від'єднання, який реагує на напругу корпусу відносно землі: 1 – корпус; 2 – автоматичний вимикач; КО – котушка з осердям; Н – реле напруги (максимальне); R_z – опір захисного заземлення; R_d – опір допоміжного заземлення.

Організаційні заходи щодо забезпечення електробезпеки полягають в дотриманні вимог до персоналу. До робіт з електроустановками не допускаються особи, які не досягли повноліття. Практикантам, яким менше 18 років, дозволяється працювати з електроустановками обмежений час і під постійним наглядом досвідченого й кваліфікованого робітника. Особи, допущені до обслуговування електроустановок, не повинні мати захворювання шкіри, суглобів, костей, м'язів, нервової й серцево-судинної систем. Стан здоров'я визначається медичним оглядом при зарахуванні на роботу і періодично (кожний рік) перевіряється. Один раз на рік здійснюється перевірка знань з електробезпеки для персоналу, який забезпечує налагоджувальні, електромонтажні, ремонтні роботи або профілактичні випробування. Встановлено п'ять кваліфікаційних груп з електробезпеки, але за результатами перевірки знань кваліфікаційна комісія присвоює тільки чотири групи (2 – 5). Група 1 надається відповідальним за електрогосподарство підприємства. Особи групи 1 повинні мати знання про небезпеку струму, про заходи безпеки при роботі з електрообладнанням і знати правила першої допомоги потерпілому. Особи групи 2 – крім переліченого, повинні знати все про електроустановки. Особи групи 3 крім того повинні мати знання з електротехніки, правил техніки безпеки, вміти вести нагляд за працюючими електроустановками. Особи групи 4 повинні знати основи електротехніки в обсязі спеціалізованого профтехучилища, вміти організовувати безпечне проведення робіт і вести нагляд за роботою електроустановок, вміти надати першу допомогу

потерпілому. Особи групи 5 повинні знати Правила технічної експлуатації електроустановок, Правила техніки безпеки при їх роботі, Правила застосування засобів захисту, здійснювати їх на практиці й навчати персонал правилам техніки безпеки й надання першої допомоги.

8.6. Електрозахисні заходи і пристрої

До електрозахисних заходів і пристроїв належать: ізоляція струмоведучих частин, недоступність струмоведучих частин, захисні огорожі, пристрої блокування, засоби орієнтації тощо.

Електрична ізоляція – це шар діелектрика або діелектрична конструкція, якими вкривається поверхня струмоведучих елементів або якими ці елементи відділяються від інших частин. Ізоляція забезпечує безпеку завдяки великому опору, який перешкоджає протіканню струму через діелектрик. До ізоляційних матеріалів належать: гума, слюда, склотекстоліт, склотканина, полістирол, поліетилен. У процесі експлуатації електроустановок ізоляція старіє, внаслідок чого змінюються найбільш важливі її властивості. До основних причин старіння ізоляції належать: нагрівання її робочими й пусковими струмами, механічні пошкодження при перегинанні дротів, їх розтягуванні або при дії агресивного середовища. У сирих приміщеннях ізоляцію перевіряють не менше двох разів на рік і один раз на рік – у сухих приміщеннях. Опір ізоляції в мережах із напругою до 1000 В повинен бути не нижче 0,5 МОм на фазу.

Неізольовані струмоведучі частини повинні бути огорожені або розташовані на недосяжній висоті. *Огорожі* (суцільні і сіткоподібні) виконуються із металу. Огорожі заземлюються і обладнуються дверима, які зачиняються на замок.

Захист від дотику до струмоведучих елементів комутаційних апаратів забезпечується застосуванням замість відкритих рубильників, які раніше використовувались, апаратів закритої конструкції: пакетних вимикачів і перемикачів, барабанних перемикачів, комплектних пускових пристроїв.

Пристрої блокування захищають людей від потрапляння під напругу в результаті помилкових дій шляхом автоматичного розриву електричного ланцюга. За принципом дії розрізняють

механічне, електромагнітне й електричне блокування.

Механічне блокування застосовується в електричних апаратах (пусках, вимикачах, розподільних пристроях). Блокування виконується за допомогою самозамикаючих замків, стопорів, заскоків і інших механічних пристосувань, які стопорять поворотну частину механізму у вимкненому стані.

Електромагнітне блокування вимикачів, роз'єднувачів і заземлювачів забезпечує певну послідовність увімкнення і вимкнення електрообладнання. Електромагнітне блокування здійснюється за допомогою однакових за конструкцією електромагнітних замків і одного електромагнітного ключа.

Електричне блокування здійснюється за допомогою блокувальних контактів, які вимикають напругу при відкритті дверей огорож і кожухів або при зніманні кришок.

До засобів орієнтації, які використовуються для чіткої орієнтації при виконанні електротехнічних робіт і для запобігання помилковим діям, належать маркування, попереджувальні сигнали, написи, таблички, знаки високої електричної напруги у вигляді блискавки, відповідне фарбування і світлова сигналізація. Маркування допомагає розпізнавати кабелі, дроти, штепсельні роз'єднання при наявності великої кількості різних систем і напруг за допомогою умовних позначень: цифрових, символічних, буквено-змістових. Попереджувальні сигнали, наприклад: „Включено”, „Вимкнено”, „Перегрів”. Попереджувальні написи: „Увага. Небезпечно для життя”.

Як ЗІЗ використовують *ізолюючі захисні засоби*, які поділяють на основні й додаткові. До *основних ізолюючих засобів*, які безпосередньо торкаються струмоведучих частин під напругою, належать: ізолюючі кліщі, слюсарно-монтажний інструмент із ізолюючими рукоятками, діелектричні рукавиці; до *додаткових ізолюючих засобів* – діелектричні калосі, килимки, підставки. При роботі під напругою використовують *допоміжні пристосування*: пояси, монтерські кігті, драбини.

8.7. Допомога при попаданні людини під напругу

При здійсненні допомоги людям, які потрапили під напругу, основне значення мають швидкість дій і вміння правильно

допомагати. Зволікання й тривала підготовка може призвести до загибелі потерпілого. Через 5 хвилин після паралічу серця людину врятувати неможливо.

У першу чергу необхідно швидко звільнити потерпілого від джерела струму. Найпростіший спосіб – це вимкнення установки, якої торкається людина. При цьому треба враховувати складність ситуації. Якщо людина знаходиться на висоті, вимкнення установки може привести до її падіння. У цьому випадку необхідно вжити заходів для успішного її падіння. Якщо немає можливості швидко вимкнути установку, треба потерпілого відокремити від частин під напругою, але так, щоб самому не під'єднатися до електричного кола. Можна потерпілого відтягнути за сухий одяг, наприклад, поли піджака, пальто. При цьому не можна торкатися незахищених ділянок тіла або вологого одягу. Можна використати суху дерев'яну палицю, щоб відкинути руку потерпілого або дріт. Можна перерізати дроти, використовуючи інструмент із ізольованими рукоятками.

Якщо потерпілий не загубив свідомість, необхідно дати йому відпочити, при наявності травм здійснити першу допомогу. При втраті свідомості з різкою блідістю й синюшністю надається допомога, як і при непритомності: треба покласти потерпілого в нахиленому положенні – вниз головою й піднятими ногами. При порушенні роботи серця й наявності дихання необхідно зробити масаж серця. Якщо порушилось дихання – зробити штучне дихання. Якщо потерпілий знаходиться в стані клінічної смерті, застосовують заходи з оживлення, тобто одночасне проведення штучного дихання й масажу серця. В будь-якому випадку необхідно викликати швидку допомогу, оскільки може повторно зупинитись серце або порушитись дихання. Треба пам'ятати, що потерпілого треба зігріти грілками, вкрити ноги й нижню частину тіла, не залишати його на землі, а покласти в сухе й тепле місце.

9. ОСНОВИ ПОЖЕЖНОЇ БЕЗПЕКИ

9.1. Причини пожеж

Пожежа – це неконтрольоване горіння, яке наносить шкоду здоров'ю людей і приводить до матеріальних збитків. *Причини пожеж* різноманітні. Звичайно вони виникають через

недодержання правил пожежної безпеки при курінні й розведенні вогнищ, при газозварювальних роботах; пожежі виникають від статичної електрики, при відсутності заземлення тертьових частин механізмів. Причинами пожеж можуть бути неправильний монтаж й несправність електричних мереж, електродвигунів і електропроводок. Коротке замикання, іскріння контактних з'єднань і перенавантаження мереж спричиняють підвищене виділення теплоти, до відповідного розігріву струмоведучих провідників і до загоряння ізоляції й горючих матеріалів. Пожежі виникають при пошкодженні автоматики теплогенераторів і котлів. Причиною пожежі або вибуху може бути наявність у виробничих приміщеннях горючого пилу або волокон. Причиною самозапалювання може бути взаємодія деяких речовин, наприклад сірчаної кислоти з хлоратом калію й натрію. Азотна кислота може викликати самозапалювання деревної стружки, соломи, бавовни. Дуже небезпечними є апарати і ємності з аміаком, вибухонебезпечними газами й горючими рідинами: як правило, вони повністю не заповнені, у просторі над рівнем рідини утворюється пароповітряна суміш, яка може вибухнути.

9.2. Суть процесу горіння

Горінням називається фізико-хімічний процес взаємодії горючої речовини й окислювача, який супроводжується виділенням теплоти й випромінюванням світла. Щоб виникло горіння, необхідні джерело запалювання, горюча речовина і більше 14% кисню в повітрі. При зниженні вмісту кисню до 10% процес горіння переходить у процес тління.

Джерела запалювання поділяють на відкриті (полум'я, іскри, розжарені предмети) і приховані (теплота теплохімічних реакцій, адіабатичного стиснення, тертя, удару). Горіння не виникає, якщо відсутній контакт горючої речовини, кисню й джерела запалювання. Суть гасіння пожеж полягає в тому, щоби припинити взаємодію складових процесу горіння.

Зміну температури в горючій речовині можна зобразити графічно (рис.6). При контакті з джерелом тепла, наприклад, при попаданні іскри в горючу речовину, в інтервалі температур $t_{\text{п}} - t_{\text{ок}}$ відбувається плавлення, розкладання й випаровування речовини.

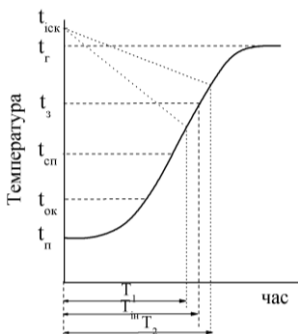


Рис. 6. Графік зміни температури в горючій речовині

При температурі більше ніж $t_{ок}$ починається окислення горючої речовини, і за рахунок теплоти реакції окислення температура горючої суміші швидко зростає. При $t_{сп}$ може відбутися спалах без займання горючої речовини. Нарешті, при $t_з$ відбувається займання і речовина починає стійко горіти, підвищуючи свою температуру до температури горіння t_r .

Температурою спалаху називається найнижча температура горючої речовини, при якій пари й гази, що утворюються при нагріванні, здатні спалахнути від джерела запалювання. Але швидкість утворення парів і газів ще недостатня для наступного горіння.

Температурою займання називається температура, при якій горюча речовина запалюється й продовжує горіти після усунення джерела запалювання. При цій температурі горюча речовина виділяє пари й гази з такою швидкістю, що після їх запалювання виникає стійке горіння. Температура спалаху $t_{сп}$ завжди менша за температуру займання $t_з$. Проміжок часу $T_{ін}$, за який після контакту з джерелом тепла відбувається запалювання речовини, називається *періодом індукції*. Якщо іскра, яка потрапила в горючу суміш, охолоджується швидше за період індукції ($T_1 < T_{ін}$), то запалення її не відбудеться. Якщо іскра буде охолоджуватися довше періоду індукції ($T_2 > T_{ін}$), то суміш запалиться.

Температура самозаймання – найменша температура горючої речовини, при якій розпочинається самонагрівання й початок горіння. Наприклад, температура самозаймання бензину становить 255 – 300 °С, деревини соснової – 399 °С, плит деревоволокнистих – 345 °С.

Самозаймисті речовини поділяються на три групи: 1 – речовини, які займаються при дії на них повітря (тирса, кам'яне вугілля, промаслені обтиральні матеріали); 2 – речовини, які викликають горіння при контакті з водою (карбід кальцію,

негашене вапно); 3 – самозаймисті речовини внаслідок їх змішування (мінеральне масло в середовищі стиснутого кисню, деревні стружки й тирса, змочені азотною кислотою).

Процес горіння відбувається завдяки теплопровідності горючої суміші. Теплота, яка виділяється в процесі окислення, розігріває сусідній шар, викликаючи його згорання. При пошаровому згорянні відбувається переміщення зони горіння; швидкість цього переміщення визначає інтенсивність процесу горіння.

У залежності від швидкості поширення полум'я розрізняють повільне горіння, вибух і детонацію.

При повільному горінні ця швидкість складає від кілька сантиметрів до декілька метрів на секунду. Наприклад, швидкість горіння суміші метану (10,5%) з повітрям дорівнює 37 см/с. *Повільне горіння* відбувається у випадку, коли воно не супроводжується підвищенням тиску.

Коли горіння відбувається в замкненому об'ємі або вихід газу утруднений, продукти реакції, розширюючись за рахунок високої температури, приводять незгорілий газ у рух. Невпорядкований рух об'ємів газу в суміші викликає значне збільшення поверхні фронту полум'я, що призводить до вибуху. *Вибух* – це швидке екзотермічне перетворення речовини, яке супроводжується виділенням енергії й утворенням стиснутих газів, здатних виконувати роботу. Швидкість поширення полум'я при вибуху досягає сотень метрів на секунду.

У випадку, коли передача теплоти від шару до шару здійснюється не шляхом теплопровідності, а ударною хвилею, виникає новий стійкий режим реакції – *детонація* – горіння, яке поширюється з швидкістю, яка перевищує швидкість звуку й становить тисячі метрів на секунду. Детонація, яка характеризується різким стрибком тиску, густини і температури, може відбуватися при певній концентрації горючої речовини в суміші. Наприклад, детонація ацетилено-повітряної суміші може мати місце тільки при об'ємному вмісті ацетилену від 6,5 до 15%.

При пожежі утворюються небезпечні для людини фактори: відкритий вогонь і іскри, підвищена температура, токсичні продукти горіння, дим, низька концентрація кисню, обвалювання й пошкодження будівель, обладнання, вибухи.

9.3. Показники джерел запалювання

Джерело запалювання називається *імпульсом*. Імпульси бувають теплові, хімічні й мікробіологічні.

Найпоширенішим є *тепловий імпульс*. Для запалювання горючої суміші достатньо нагріти до температури займання всього $0,5 - 1 \text{ мм}^3$ цієї суміші. Відкрите полум'я в усіх випадках запалює горючу суміш, оскільки його температура ($700 - 1500 \text{ }^\circ\text{C}$) перевищує температуру займання суміші, а кількість теплоти більше, ніж цього необхідно для нагрівання 1 мм^3 цієї суміші.

Іскрою називають точкове джерело запалювання. Іскри можуть утворюватися при терті, ударі й викликатися електричним розрядом. У каналі електричного розряду створюється температура до $10000 \text{ }^\circ\text{C}$, яка приводить до майже миттєвого завершення хімічних реакцій. Іскри від удару менш небезпечні, ніж електричні, але іскри від удару більш небезпечні, ніж іскри від тертя. Іскра від удару сталевого стрижня, може нагріти середовище до температури більше ніж $1600 \text{ }^\circ\text{C}$. Температура іскри тим більше, чим сильніше удар.

Хімічний імпульс зумовлений тим, що деякі хімічні речовини при взаємодії з киснем повітря, водою і іншими речовинами здатні до екзотермічних реакцій, теплота яких розігріває продукти реакції до небезпечних температур. Якщо реагуючі речовини або продукти реакції горючі, то вони займаються і стають причиною пожежі або вибуху. Якщо реагуючі речовини негорючі, то, розігріваючись до високих температур, вони можуть стати джерелом запалювання горючих речовин, які знаходяться поряд. Наприклад, при взаємодії натрію з водою температура в зоні реакції досягає $600 - 650 \text{ }^\circ\text{C}$, що перевищує температуру займання водню, який виділяється при реакції.

Мікробіологічний імпульс пов'язаний із життєдіяльністю мікроорганізмів у таких середовищах, як вологе сіно, тирса, торф. Для самозаймання необхідні великі об'єми цих речовин.

9.4. Засоби гасіння пожеж

Гасіння пожежі може бути здійснено наступними методами:

1 – припиненням доступу повітря або горючої речовини в зону

горіння; 2 – охолодженням зони горіння; 3 – розведенням горючих речовин негорючими; 4 – інтенсивним гальмуванням швидкості горіння шляхом використання інгібіторів – речовин які сповільнюють процеси окислення; 5 – механічним відривом полум'я сильним струменем газу або води.

До основних вогнегасильних речовин належать вода, двоокис вуглецю, хімічна і повітряно-механічна піни, негорючі гази, водні розчини солей, галогеновуглеводневі сполуки, сухі порошки.

Вода може використовуватись самостійно або в суміші з різними хімікатами. Порівняно з іншими вогнегасильними речовинами вода відрізняється доступністю, великою теплоємністю, хімічною нейтральністю, транспортабельністю, низькою вартістю. Вогнегасильна ефективність води полягає в охолодженні. Потрапляючи в зону горіння, вода нагрівається й випаровується, поглинаючи велику кількість теплоти. При випаровуванні води утворюється велика кількість пари. Із одного літра води одержується приблизно 1700 літрів пари, яка утруднює доступ повітря до зони горіння. Сильний струмінь води може збити полум'я, відділити й розсікти його. Вода використовується для гасіння більшості твердих горючих речовин і матеріалів, важких нафтопродуктів, для створення водяних завіс і охолодження об'єктів, які знаходяться поряд із пожежею. До недоліків води належить можливість замерзання, внаслідок чого може відбутися розрив пожежних рукавів і пошкодження насосу; водою не можна гасити горючі рідкі речовини, питома вага яких менша, ніж у води; водою не можна гасити електроустановки під напругою. Використання води наносить шкоду будинкам і архівним цінностям. Намокання і набухання перекриттів може спричинити обвалення приміщень.

Двоокис вуглецю або вуглекислий газ CO_2 – це безколірний газ, який в 1,5 разу тяжче за повітря. Він ізолює доступ кисню до зони горіння; застосовується при гасінні легкозаймистих і горючих рідин, електрообладнання, в музеях, архівах і у випадках, коли використовувати воду й піну недоцільно. Двоокис вуглецю зберігається в сталевих балонах у зрідженому стані під тиском. Внаслідок розширення при випусканні вуглекислого газу із балона відбувається сильне охолодження й утворення білих снігових пластівців твердого CO_2 . У зоні горіння твердий CO_2

випаровується, знижуючи температуру горючої речовини й зменшуючи концентрацію кисню.

Для гасіння легкозаймистих речовин застосовують *вогнегасильну піну*, яка складається із бульбашок газу, що містяться в тонких оболонках рідини. Піна має малу теплопровідність, достатню рухомість, тепловідбиваючий ефект, але незначну механічну міцність. За способом виготовлення піни бувають хімічні й повітряно-механічні.

Хімічні піни одержуються при змішуванні лужного і кислотного розчинів, які зберігаються окремо, або при змішуванні порошку піноутворювача в піногенераторах із потоком води. *Порошок* складається із суміші сірчаноокислого амонію й бікарбонату натрію. Із 1 кг порошку і 10 літрів води утворюється від 40 до 60 літрів піни. Хімічна піна знижує вміст кисню в зоні горіння, вкриває поверхню матеріалів і предметів, ізолює їх від полум'я, охолоджує й припиняє горіння.

Повітряно-механічні піни, які утворюються при змішуванні повітря (90%), води (9,7%) і піноутворювача (0,3%), характеризуються кратністю – відношенням об'єму одержаної піни до об'єму вихідних речовин. Піни кратністю від 5 до 100 належать до пін малої та середньої кратності, вище 100 – до високократних пін. Повітряно-механічні піни одержуються за допомогою повітряно-пінних стволів. *Високократні піни* утворюються при поданні стиснутого повітря, яке на виході із сопла змішується з розчином води і піноутворювача. Для одержання піни більш високої кратності (до 1000), крім повітря із атмосфери, яке підсмоктується, додається інертний газ під тиском за допомогою спеціальних пристроїв. Вогнегасильна дія піни базується на ефекті заглушення (придушення). Піна вкриває поверхню зони горіння й створює збіднену на кисень атмосферу, що сприяє припиненню пожежі.

Водні розчини солей належать до рідких вогнегасильних речовин. Звичайно використовують водні розчини бікарбонату натрію, хлоридів кальцію й амонію, глауберової солі, аміачно-фосфорних солей. Солі, випадаючи із водного розчину при випаровуванні води, утворюють ізолюючі плівки, які вкривають палаючі поверхні. Плівки відбирають теплоту. При розкладанні солей утворюються негорючі гази.

Галогеновуглеводневі вогнегасильні суміші (з інгібіторами) використовують для хімічного гальмування реакції горіння. Вони містять атоми фтору, хлору, бром; мають велику густину, що підвищує ефективність пожежогасіння, а низькі температури замерзання дозволяють використовувати їх при низьких температурах повітря.

Вогнегасильні порошки – це роздрібнені мінеральні солі з різними домішками, які перешкоджають їх злежуванню й грудкуватості. До складу порошків входять бікарбонат натрію, амофос, силікагель. Вони мають добру вогнегасильну здатність і універсальність застосування, оскільки використовуються там, де не можна гасити водою й іншими засобами.

До *пожежної техніки* належать: пожежні машини; установки пожежогасіння; вогнегасники; засоби пожежної сигналізації; пожежні рятувальні пристрої; пожежний ручний інструмент і інвентар. Для ліквідації невеликих пожеж використовують *первинні засоби пожежогасіння*: пожежні стволи (водяні й повітряно-пінні), вогнегасники, сухий пісок, азбестові покривала та інший пожежний інвентар.

На виробництві застосовують *стаціонарні установки пожежогасіння*, які поділяються на аерозольні, рідинні, водяні, порошкові. Автоматичні установки спрацьовують у випадку пожежі при відсутності людей. Установки з дистанційним керуванням приводяться в дію людьми.

Вогнегасники застосовують для гасіння пожеж у початковій стадії горіння. Вони бувають різних типів: хімічні пінні, повітряно-пінні, рідинні, вуглекислотні, аерозольні й порошкові. У залежності від об'єму розрізняють вогнегасники малолітражні – до 5 л, промислові ручні – до 10 л, пересувні – більше 10 л.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Денисенко Г.Ф. Охрана труда: Учебное пособие для вузов. – М.: Высш.шк., 1985. – 319 с.
2. Луковников А.В. Охрана труда. – Киев: Вища шк., 1981. – 256 с.
3. Безопасность труда в промышленности /К.Н.Ткачук, П.Я.Галушко, Р.В.Сабарно и др. – Киев: Техніка, 1982. – 231с.
4. Голубев Б.П. Дозиметрия и защита от ионизирующих излучений. – М.: Атомиздат, 1976. – 406 с.
5. Козлов В.Ф. Справочник по радиационной безопасности. – М.: Атомиздат, 1977. – 384 с.
6. Гранкин В.Я. Лазерное излучение. – М.: Воениздат, 1977. – 382 с.
7. Рахманов Б.Н., Чистов Е.Д. Безопасность при эксплуатации лазерных установок. – М.: Машиностроение, 1981. – 112 с.
8. Долин П.А. Справочник по технике безопасности. – М.: Энергоиздат, 1982. – 800 с.
9. Крылов В.А., Юченкова Т.В. Защита от электромагнитных излучений. – М.: Сов. радио, 1972. – 216 с.
10. Охрана труда в электроустановках / Под ред. Б.А.Князевского. – 3-е изд. – М.: Энергоиздат, 1983. – 336 с.
11. Электробезопасность в машиностроении / Б.А.Князевский, А.И.Ревякин и др. – М.: Машиностроение, 1980. – 240 с.
12. Электробезопасность на промышленных предприятиях: Справочник / Р.В.Сабарно, А.Г.Степанов, А.В.Слонченко, Г.Д.Харламов. – К.: Техніка, 1985. – 288 с.

Навчальне видання

Охорона праці в промисловому виробництві
Навчальний посібник

Укладачі: Грушка Олена Григорівна,
Грушка Зінаїда Михайлівна

Відповідальний за випуск **Горлей П.М.**
Літературний редактор Макарова О.П.

Свідоцтво про державну реєстрацію
ДК №891 від 08.04.2002 р.

Підписано до друку 12.02.2008. Формат 60х84/16.
Папір офсетний. Друк офсетний. Умов. друк. арк. 4,37.
Обл.-вид. арк. 4,7. Зам. . Тираж 50.
Друкарня видавництва «Рута» Чернівецького національного
університету
58012, Чернівці, вул. Коцюбинського, 2.