

ОХОРОНА ПРАЦІ В ПРОМИСЛОВОМУ ВИРОБНИЦТВІ



ОХОРОНА ПРАЦІ – ЗАПОРУКА ЖИТТЯ!

Міністерство освіти і науки України
Чернівецький національний університет
імені Юрія Федьковича

ОХОРОНА ПРАЦІ В ПРОМИСЛОВОМУ ВИРОБНИЦТВІ

Навчальний посібник

Видання 2-ге, доповнене і перероблене



Чернівці

Чернівецький національний університет
імені Юрія Федьковича

2025

УДК 613.6 (075.8)
О-924

Друкується за ухвалою вченої ради Навчально-наукового інституту
фізико-технічних та комп'ютерних наук
Чернівецького національного університету
імені Юрія Федьковича
(протокол № 1 від 13 березня 2025 р.)

Рецензенти :

Федів В.І., докт. фіз.-мат. наук, проф. (завідувач кафедри медичної і біологічної фізики та медичної інформатики Буковинського державного медичного університету);

Рюхтін В.В., канд. техн. наук (заступник директора з наукової роботи Акціонерного товариства “Центральне конструкторське бюро Ритм”).

О-924 **Охорона** праці в промисловому виробництві : навч. посібник.
Вид. 2-ге, доп. і перероб. / укл. О.Г. Грушка Чернівці :
Чернівецьк. нац. ун-т ім. Ю. Федьковича, 2025. 104 с.
ISBN 978-966-423-957-5

У навчальному посібнику висвітлено правові й нормативні основи охорони праці. Обґрунтовано потенціальні небезпеки в промисловому виробництві і вплив різних небезпечних і шкідливих факторів на організм людини. Розглянуто організаційні та технічні методи профілактики виробничого травматизму, професійних захворювань і отруєнь.

Для студентів вищих навчальних закладів спеціальностей “Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка”, “Мікро- та наносистемна техніка”, “Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології”, а також для студентів інших спеціальностей фізико-технічного профілю вищих навчальних закладів.

УДК 613.6 (075.8)

ISBN 978-966-423-957-5

© Чернівецький національний університет
імені Юрія Федьковича, 2025

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.....	7
<i>Контрольні запитання та завдання</i>	7
2. Правові й нормативні основи охорони праці.....	8
2.1. Основи законодавства про охорону праці.....	8
2.2. Нормативно-технічна документація	11
<i>Контрольні запитання та завдання</i>	11
3. Виробничий травматизм і професійні захворювання	12
3.1. Небезпечні й шкідливі виробничі фактори	12
3.2. Причини травматизму й захворюваності на виробництві	12
<i>Контрольні запитання та завдання</i>	17
4. Виробнича санітарія	18
4.1. Метеорологічні умови у виробничих приміщеннях	18
4.2. Контроль параметрів мікроклімату виробничих приміщень	21
4.3. Заходи щодо поліпшення якості повітря.....	22
4.4. Захист від джерел теплових випромінювань	23
4.5. Вентиляція і очищення викидів в атмосферу	25
4.6. Засоби індивідуального захисту	28
<i>Контрольні запитання та завдання</i>	29
5. Виробниче освітлення.....	30
5.1. Параметри виробничого освітлення.....	30
5.2. Типи виробничого освітлення	32
5.3. Джерела штучного світла.....	34
<i>Контрольні запитання та завдання</i>	35
6. Виробничі механічні коливання пружних середовищ	36
6.1. Захист від шуму	36
6.2. Захист від ультразвуку	39
6.3. Захист від інфразвуку.....	41
6.4. Захист від вібрації.....	42
<i>Контрольні запитання та завдання</i>	43

7. Виробничі випромінювання	44
7.1. Захист від іонізуючих випромінювань.....	44
7.2. Захист від ультрафіолетового випромінювання.....	50
7.3. Захист від інфрачервоного випромінювання.....	52
7.4. Захист від електромагнітних полів.....	55
<i>Контрольні запитання та завдання</i>	61
8. Безпека технологічних процесів	63
8.1. Заходи безпеки при рентгеноструктурному аналізі	63
8.2. Безпека лазерних технологічних процесів.....	66
8.3. Вимоги до процесів фотолітографії.....	70
8.4. Вимоги вакуумної гігієни	72
8.5. Безпека систем, працюючих під тиском	74
<i>Контрольні запитання та завдання</i>	77
9. Електробезпека	79
9.1. Дія електричного струму на організм людини	79
9.2. Класифікація електроустановок і приміщень.....	83
9.3. Умови ураження людини електричним струмом.....	84
9.4. Небезпека замикання на землю в електроустановках.....	85
9.5. Забезпечення електробезпеки	87
9.6. Електрозахисні заходи й пристрої.....	92
9.7. Допомога при попаданні людини під напругу	93
<i>Контрольні запитання та завдання</i>	94
10. Основи пожежної безпеки	95
10.1. Причини пожеж.....	95
10.2. Суть процесу горіння.....	95
10.3. Показники джерел запалювання.....	98
10.4. Засоби гасіння пожеж	99
<i>Контрольні запитання та завдання</i>	102
Список літератури	103

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 не тільки забезпечує 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 призвести до нещасних випадків і професійних захворювань; вирішує питання забезпечення безпеки машин, механізмів і іншого обладнання. Ергономіка робить значний внесок у реалізації одного з найважливіших завдань охорони праці – переходу від техніки безпеки до безпечної техніки, а отже, реалізації **концепції „абсолютної безпеки”**, на якій в усіх країнах будувались нормативи безпеки. Для цього впроваджувались додаткові технічні пристрої – інженерні системи безпеки, розроблялись організаційні заходи, що забезпечують високий рівень дисципліни, суворий регламент роботи тощо. Вважалось, 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 дедалі 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* вирішує питання попередження пожеж і засобів ліквідації пожеж, що виникли.

Завдання охорони праці:

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

Контрольні запитання та завдання

1. Дайте визначення поняттю “Охорони праці”. Поясніть зв’язок “Охорони праці” з іншими науковими дисциплінами.
2. Що є об’єктом і завданням “Охорони праці”? Назвіть основні розділи охорони праці.
3. Поясніть концепцію “абсолютної безпеки” на сучасному етапі науково-технічного розвитку.
4. Що є “теорією ризику”? Які її основні завдання?

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, введеному 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 (див. розд.1) незалежно від форм власності та видів їх діяльності, на усіх громадян, які працюють на цих підприємствах. Законодавство про охорону праці складається із 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'язкові 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 жодних 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'язкове додержання вимог щодо охорони праці при проектуванні, будівництві та реконструкції підприємств, об'єктів і засобів виробництва. Машина, 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'язкові 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 висувуються 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.

Контрольні запитання та завдання

1. Назвіть основні положення Закону України про охорону праці.
2. Які є гарантії прав громадян на охорону праці згідно із Законодавством?
3. Назвіть законодавчі нормативи щодо організації охорони праці на підприємствах.
4. Який здійснюється державний нагляд за додержанням законодавчих та нормативних актів про охорону праці?
5. Яка відповідальність працівників за порушення законодавства та нормативних актів з охорони праці?
6. Назвіть основні нормативно-технічні документи з охорони праці, вкажіть їх призначення і висвітліть зміст.

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 призводить 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 короточасному, 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 смертельної 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 електрзарядженості.

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

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, бризок 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.

Контрольні запитання та завдання

1. Назвіть основні небезпечні і шкідливі фактори. Які причини виробничого травматизму і нещасних випадків?
2. Які речовини відносять до шкідливих? Яка їх біологічна дія і методи захисту?
3. Назвіть методи і прилади для контролю забруднень повітря пилом, парами і газами.

4. ВИРОБНИЧА САНІТАРІЯ

4.1. Метеорологічні умови у виробничих приміщеннях

Метеорологічні умови (мікроклімат) виробничого приміщення визначаються такими 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 °С 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

$$G = G_k + G_{\text{тв}} + G_v,$$

де G_k – тепло, що відводиться конвекцією; $G_{\text{тв}}$ – тепло, що відводиться за рахунок теплового випромінювання; G_v – 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 приблизно 2,5 кДж теплоти. При нормальних умовах із потом 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 вологісті. 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 $B=(A/M) \cdot 100\%$. 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 °С; б) теплий період з середньодобовою температурою +10 °С 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 ккал/($\text{м}^3 \cdot \text{год}$), і зі значним надлишком тепла – більше 20 ккал/($\text{м}^3 \cdot \text{год}$).

Теплонадлишки – це кількість тепла, яка надходить у 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 такі 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 постійна величина, тому вимірювання здійснюються термометрами в кількох точках приміщення на робочих місцях на відстані 1,3 – 1,5 м від підлоги й не ближче 1 м 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 батишту 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 показників 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 кількістю 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. Заходи щодо поліпшення якості повітря

Для формування необхідного стану повітряного середовища проводять певні заходи, до яких належать:

1. Механізація і автоматизація виробничих процесів, а також дистанційне управління цими процесами.

Цей захід має велике значення для захисту середовища від дії шкідливих речовин, теплового випромінювання, особливо при виконанні важких робіт. При автоматизації процесів, в яких задіяні шкідливі речовини, працівники виводяться з небезпечної зони. А це не тільки підвищує продуктивність, але й поліпшує умови праці.

2. Застосування технологічних процесів і обладнання, які виключають утворення шкідливих речовин та потрапляння їх в робочу зону.

При проектуванні нового обладнання або нових технологічних процесів намагаються зменшити або взагалі виключити виділення шкідливих речовин у повітрі виробничих приміщень. Цього досягається, наприклад, заміною токсичних речовин нетоксичними, застосуванням води для усунення пилу (зволоження) при подрібненні і транспортуванні матеріалів тощо.

Для оздоровлення повітряного простору велике значення має герметизація обладнання, в якому знаходяться шкідливі речовини, а саме, печей, газопроводів, насосів, компресорів тощо.

3. Захист від джерел теплових випромінювань.

4. Вентиляція і опалення.

Після проведення заходів щодо поліпшення технологічних процесів і обладнання найбільш ефективним заходом боротьби зі шкідливими речовинами, теплом і вологою є вентиляція.

5. Застосування засобів індивідуального захисту.

4.4. Захист від джерел теплових випромінювань

На виробництві людина, яка знаходиться біля розплавленого або нагрітого металу, полум'я, гарячих поверхонь тощо, піддається дії тепла, що випромінюються цими джерелами. Внаслідок поглинання теплової енергії підвищується температура шкіри і тканин тіла. Але дія теплового випромінювання не тільки діє на ділянку тіла, що опромінюється. На опромінення реагує весь організм, в якому можуть відбутися біохімічні зміни, порушення серцево-судинної і нервової систем. Тривала дія інфрачервоного випромінювання з довжиною хвилі 0.72–1.5 мкм (промені Фохта) викликає катаракту ока (помутніння кришталика).

Теплове випромінювання, крім того, що діє безпосередньо на людей, ще й нагріває оточуючі конструкції (підлогу, стіни, перекриття, обладнання), в результаті чого температура повітря всередині приміщення підвищується, що також погіршує умови праці.

У більшості виробничих джерел максимум енергії, що випромінюється, лежить у довгохвильовій частині спектру (інфрачервоні промені з довжиною хвилі $\lambda > 0.78$ мкм). Інтенсивність опромінення в багатьох випадках має значну величину (до 3000–6000 ккал/м²·год і навіть більше), і в цих випадках теплове випромінювання стане основним шкідливим виробничим фактором.

Засоби захисту від теплового випромінювання наступні: теплоізоляція гарячих поверхонь, екранування теплових випромінювань, застосування захисної одєжі, організація раціонального відпочинку.

Теплоізоляція є ефективним заходом не тільки по зменшенню інтенсивності теплового випромінювання від нагрітих

поверхонь, вона ефективна для попередження опіків при торканні до цих поверхонь. За діючими санітарними нормами температура нагрітих поверхонь обладнання (наприклад, печей) і огорож на робочих місцях не повинна перевищувати 45°C. Для теплоізоляції використовують різні матеріали і конструкції – спеціальні бетони, цегла, мінеральну і скляну вату, азбест тощо.

Найбільш розповсюдженим і ефективним засобом захисту від випромінювання є екранування. Екрани використовують для того, щоб екранувати джерела випромінювання, а також для захисту робочих місць від дії тепла. За принципом дії екрани бувають тепловідбиваючі, теплопоглинаючі та тепловідвідні. Цей поділ умовний, оскільки будь-який екран володіє здатністю відбивати, поглинати і відводити тепло. Приналежність екрану до тої або іншої групи залежить від того, яка властивість в ньому відображена найбільш сильно. В залежності від можливості спостереження за процесом праці екрани поділяються на три види: непрозорі, напівпрозорі і прозорі.

Для теплоізолюючих екранів використовують такі матеріали, як листовий алюміній, біла бляха, альфоль (алюмінієва фольга). В теплопоглинаючих екранах застосовують матеріали з достатньо великим термічним опором. Унаслідок цього температура зовнішньої поверхні різко зменшується. До таких матеріалів належать азбестові щити на металевій сітці, вогнетривка цегла тощо.

Тепловідвідні екрани – це зварні або літєві конструкції. Вони охолоджуються водою, що протікає в середині цих конструкцій і можуть застосовуватися при будь-яких інтенсивностях випромінювання.

До напівпрозорих екранів відносять металеві сітки з розмірами комірки 3–3.5 мм і армоване скло. За ефективністю вони уступають суцільним екранам, тому їх застосовують при інтенсивності випромінювання менше 1000 ккал/м²·год. Тепловідвідними екранами є металеві сітки, які омиваються водою, їх також застосовують при невеликих інтенсивностях теплового випромінювання.

Прозорі екрани виготовляють із силікатного, кварцового або органічного скла або тонких металевих плівок (до 2 нм) металевих плівок на склі.

На підприємстві правильна організація відпочинку має велике значення для відновлення працездатності. Для працівників влаштовують спеціальні місця відпочинку, які розташовують недалеко від місця роботи, але в той же час достатньо віддалені від джерел випромінювання, забезпечені вентиляцією, питною водою тощо.

4.5. Вентиляція і очищення викидів в атмосферу

Вентиляція – це повітряобмін, який забезпечує усунення із повітря шкідливих газів, парів і пилу. По способу подачі свіжого повітря і усунення забрудненого системи вентиляцій поділяють на природну, механічну і змішану.

Природна вентиляція. Завдяки різниці питомої ваги теплого повітря, яке знаходиться в приміщенні, і більш холодного поза приміщенням, а також за рахунок вітру природна вентиляція створює необхідний повітряобмін. Організований і керований природний повітряобмін називається *аерацією*. Так при канальній аерації забруднене повітря приміщень усувається через канали в стінах. Для підсилення тяги на виході каналів на даху будівлі встановлюються дефлектори – пристрої, які створюють тягу при обдуванні їх вітром.

Природна вентиляція проста і економічна. Основний недолік її в тім, що повітря, яке усувається, не очищується і забруднює атмосферу.

Механічна вентиляція – це комплекс повітроводів і вентиляторів, який забезпечує обмін повітря. При цьому повітря, що поступає, при необхідності підігрівається, охолоджується, висушується, а повітря, яке усувається, очищується.

Механічна вентиляція буває засмоктуючою, витяжною або засмоктуючо-витяжною.

Засмоктуюча вентиляція здійснює забір повітря із зовні вентилятором через калорифер, де повітря нагрівається і зволожується, а потім подається в приміщення. Кількість повітря, що подається, регулюється клапанами або заслінками, які встановлюються в отворах. Забруднене повітря виходить через вікна, двері, канали неочищеним.

Витяжна система вентиляції усуває забруднене повітря через мережу повітроводів за допомогою вентиляторів. Чисте повітря просочується через вікна, двері, щілини. Забруднене повітря очищується перед викидом в навколишнє середовище. Витягну вентиляцію влаштовують в місцях утворення шкідливих речовин.

Кондиціонування повітря. Кондиціонування – це підтримка в робочій зоні виробничих приміщень постійних параметрів мікроклімату, яка здійснюється автоматично. Кондиціонери бувають повного і неповного кондиціонування повітря. Установки повного кондиціонування повітря забезпечують постійними температуру, відносну вологість, рухливість і чистоту повітря. Крім того, може здійснюватись іонізація, озонування, дезодорація (усунення запахів) та ін. Установки неповного кондиціонування підтримують лише частину наведених параметрів.

Очищення викидів в атмосферу. Отруйні гази, пари і пил, які усуваються із виробничих приміщень, забруднюють атмосферне повітря. Тому очищення викидів в атмосферу – обов'язкова складова будь-якого технологічного процесу. Для цього забруднене повітря виробничих приміщень пропускають через спеціальні очисні пристрої.

Від пилу повітря очищується в *пилоосаджуючих камерах*. Принцип осаджування пилу заснований на швидкому зниженні швидкості руху забрудненого повітря в камері, де пилинки, втрачаючи швидкість, під дією сили тяжіння, осаджуються на дно. В інерційних пилоосаджуючих камерах різко змінюється напрямок руху повітря, внаслідок чого пилинки, які ударяються о стінки, втрачають швидкість і осідають в пилоуловлювачі. В відцентрованих циклонах повітря, яке подається в кільцевий простір циліндричної камери, одержує обертовий рух. Пилинки відцентрованою силою відкидаються до стінок циліндру, втрачають швидкість і потрапляють в бункер.

Більш тонке очищення повітря відбувається у фільтрах: масляних, ультразвукових, електростатичних. Електростатичний фільтр являє собою металевий циліндр, по вісі якого встановлений тонкий електрод. Між циліндром і електродом підводиться постійна напруга 50–100 кВ. Пилинки, потрапляючи в сильне

електричне поле всередині циліндра, одержують від'ємний електричний заряд від тонкого електрода і прямують до позитивно зарядженого електрода, яким є циліндр. Віддаючи свій заряд циліндру, пилинки тримаються внутрішньої сторони циліндра силами зчеплення. Осілий пил струшується за допомогою спеціального механізму без припинення подачі повітря і напруги і усуваються через бункер.

Пилінки великих розмірів затримуються легше, тому для них використовують більш рости і дешеві пилоуловлювачі. Перед подачею забрудненого повітря в очисні споруди пилинки укрупнюють. Збільшення розмірів пилинок здійснюють за допомогою ультразвуку на установці акустичної коагуляції аерозолів, яка складається із генератора ультразвукових коливань і камери коагуляції. При дії ультразвукових коливань на аерозолі пилинки приходять в коливний рух, відбувається зіткнення між ними і таким чином вони укрупнюються.

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.

4.6. Засоби індивідуального захисту

В умовах виробництва не завжди вдається усунути всі шкідливі фактори, застосовуючи лише загальноприйняті заходи, наприклад, такі як вентиляції, екранування джерел теплового випромінювання. В цих випадках для досягнення нормальних умов праці необхідно застосовувати індивідуальні засоби захисту. Спецодяг, спецвзуття, головні убори і рукавиці забезпечують захист тіла людини. Спецодяг із лляних, брезентових та вовняних тканин використовують для захисту від бризок розплавленого металу, а спецодяг із гумових і перхлорвінілових тканин – для захисту від лугів і кислот.

Окулярами захищають органи зору не тільки від механічних пошкоджень, але й від теплових випромінювань. Захист органів дихання здійснюється застосуванням фільтруючих і ізолюючих приладів.

Для захисту шкіри обличчя, шиї і рук при роботі з різними хімічними речовинами застосовують захисні мазі і пасти. Їх наносять на шкіру перед початком роботи, після закінчення роботи – легко змиваються. Мазі і пасти бувають гідрофільними і гідрофобними. Гідрофільні – легко розчинюються і змочуються водою. Вони захищають шкіру від масел і жирів. Гідрофобні масла не розчинюються у воді і застосовуються лише для захисту шкіри від різних розчинів лугів, кислот і солей.

Контрольні запитання та завдання

1. Які критерії оцінки мікрокліматичних умов робочої зони?
2. Назвіть та поясніть методи контролю складу повітря в виробничих приміщеннях.
3. В чому полягає вентиляція і кондиціонування повітря? Які бувають види вентиляції?
4. Поясніть методи та засоби захисту від теплового випромінювання.
5. Назвіть методи очищення повітря від забруднень. Які пристрої застосовують для очищення викидів в атмосферу? Поясніть їх принцип дії.
6. Назвіть індивідуальні засоби захисту для досягнення нормальних умов праці на виробництві.

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 – 450 нм) до червоного (620 – 760 нм). 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 $1/60000$ м² світлового еталона при температурі 2042 К.

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 м², по якій рівномірно розподілений світловий потік, що дорівнює 1 лм (лк = лм/м²). 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 призвести 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 стежити за показаннями приладів і вести записи, але можна спостерігати за ходом виробничого процесу.

Хороше освітлення не має 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_Π характеризує амплітуду коливань освітленості внаслідок зміни в часі світлового потоку при живленні газорозрядних ламп змінним струмом

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

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 – 80 мг) 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 електролюмінесценцією, 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. Найекономічніші 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 відчуються 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.

Контрольні запитання та завдання

1. Вкажіть параметри виробничого освітлення. Яке значення виробничого освітлення для забезпечення комфортних і безпечних умов праці?
2. Яким гігієнічним вимогам повинно відповідати виробниче освітлення? Дати визначення таким поняттям як “розмір об'єкта розпізнання”, “контрастність об'єкта з фоном”. Як розраховуються показник осліплювання та коефіцієнт пульсації освітленості?
3. Назвіть види виробничого освітлення. Що таке аварійне, евакуаційне і охоронне освітлення?

6. ВИРОБНИЧІ МЕХАНІЧНІ КОЛИВАННЯ ПРУЖНИХ СЕРЕДОВИЩ

6.1. Захист від шуму

В різних галузях промисловості використовується устаткування, яке створює відчутний шум. Робота вентиляторів, які використовуються в системах вентиляції, повітряного опалення, технологічних процесах, супроводжується шумом. Цей шум настільки сильний, що може бути основною складовою шуму в приміщенні.

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* (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). $1\text{дБ}=0,1\text{ Б}$. В децибелах інтенсивність шуму або звуку визначається виразом $L = 10\lg(I/I_0) = 20\lg(P/P_0)$.

Інтенсивний шум при щоденній дії призводить 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. Характерні 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 витoku 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 й 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'язкове 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 поширюється 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 обертового 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 альфа-ритмом 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 має 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: верстатів, насосів, вентиляторів, бурових установок.

Ступінь і характер дії вібрації на людину залежить від виду вібрації і її параметрів. Дуже шкідливі 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 різний 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 такими 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 віброючим об'єктом поділяються на ЗІЗ для рук, ніг і тіла оператора. Для рук застосовуються рукавиці з вкладками й прокладками, для ніг – спецвзуття, для тіла – спеціальні костюми із пружнодемпфірувальних матеріалів. Демпфірувальні – це такі матеріали, які здатні привести коливання до їх згасання.

Контрольні запитання та завдання

1. Які існують джерела шуму на виробництві? Що є джерелом механічного шуму? В яких випадках виникає шум аеродинамічного походження?
2. Назвіть параметри шуму і його граничнодопустимі рівні інтенсивності.
3. Який вплив шуму на організм людини? Поясніть методи зменшення шуму.
4. Назвіть причини, джерела, типи і параметри вібрації та методи захисту.
5. Назвіть джерела і застосування ультразвуку та методи захисту.
6. Поясніть особливості дії інфразвуку на організм людини. Який допустимий рівень звукового тиску згідно з нормативними документами?

7. ВИРОБНИЧІ ВИПРОМІНЮВАННЯ

7.1. Захист від іонізуючих випромінювань

Іонізуючим називається випромінювання, яке викликає іонізацію середовища, тобто утворення іонів з 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 надзвичайно небезпечні. Бета-випромінювання має велику проникну здатність: воно проходить у тканини організму на глибину один – два сантиметри. Проникна здатність гамма-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 гамма- 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.; $1 \text{ Гр} = 1 \text{ Дж/кг}$. 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 гамма-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 цього виду випромінювання пошкоджувати тканини організму. Значення G для деяких видів випромінювання наведені в таблиці, з якої видно, що при однаковій поглинутій дозі альфа-випромінювання значно (у 20 разів) небезпечніше, ніж бета- чи гамма-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 гамма-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, відмовитися 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. Усе 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, призводить 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 *кюрі* (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, віднесenu 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 гейгеровський лічильник. Іонізаційна камера – це електричний конденсатор, заповнений газом. Дія приладу базується на вимірюванні електричного заряду, який виникає при іонізації газу за певний проміжок часу. Гейгеровський лічильник містить газонаповнений електричний конденсатор (звичайно циліндричний) із тонким анодом. Унаслідок 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 NaJ, 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 ресструються електронними схемами, головним призначенням яких є встановлення кількості іонізованих частинок, зафіксованих детектором за певний проміжок часу.

7.2. 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 кришталіка ока (катаракта). Прямі й відбиті УФВ викликають сильне запалення очей, відоме під назвою фотоофтальмії, яка супроводжується болями в очах, сльозотечею, 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 – $60 \text{ (ер} \cdot \text{год)}/\text{м}^2$ 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 відбивна здатність різних оздоблювальних матеріалів для УФВ інша, ніж для видимого світла. Добре відбиває УФВ полірований алюміній і крейдова побілка, тоді 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.

7.3. 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 вища температура тіла, тим більша інтенсивність випромінювання. Згідно із законом Стефана–Больцмана, густина потужності потоку випромінювання абсолютно чорного тіла прямо пропорційна четвертому 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.

Нагрівті 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 – стале 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/м^2 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 $11,6 \text{ кВт/м}^2$.

ССБП „Засоби захисту від інфрачервоного випромінювання”, встановлюють гранично допустимий рівень інтенсивності випромінювання на робочих місцях: $0,35 \text{ кВт/м}^2$.

Методи захисту від інфрачервоного випромінювання такі: 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 $0,35 \text{ кВт/м}^2$.

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, $\text{м}^3/\text{год}$; V – об’єм приміщення, м^3 . Необхідний об’єм свіжого повітря може бути визначений за співвідношенням $L = 3600Q_{\text{над}}/[c_p(T_v - T_n)]$, де $Q_{\text{над}}$ – надлишкова теплота, Дж/с ; c_p – питома теплоємність повітря при даному тиску, $\text{Дж}/(\text{кг}\cdot\text{K})$; ρ – густина повітря при 293K , $\text{кг}/\text{м}^3$; T_v – температура повітря, яке виводиться із приміщення, K ; T_n – температура повітря, яке подається в приміщення, K .

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.

7.4. 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 0,3 – 3,0 Гц 3 – 300 Гц 300Гц – 30 кГц	10^7 – 10^6 км 10^6 – 10^4 км 10^4 – 10^2 км 10^2 – 10 км	Інфранизькі Низькі Промислові Звукові
Високі частоти ВЧ	30 – 300 кГц 300кГц – 3 МГц 3 – 30 МГц	10 – 1 км 1 км – 100 м 100 – 10 м	Довгі Середні Короткі
Ультрависокі частоти УВЧ	30 – 300 МГц	10 – 1 м	Ультра-короткі
Надвисокі частоти НВЧ	300 МГц – 3 ГГц 3 – 30 ГГц 30 – 300 ГГц	100 – 10 см 10 – 1 см 10 – 1 мм	Дециметрові Сантиметрові 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 = 10^3 Гц); мегагерц (1 МГц = 10^6 Гц); гігагерц (1 ГГц = 10^9 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 $v = c/(\mu\varepsilon)^{1/2}$ – 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 такому: 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 виводиться 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 завдає 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 кристалика ока (катаракту), яке виявляється не зразу, а через кілька тижнів після опромінення.

Електромагнітні поля спричинюють 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 , хв.) 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 $\tau \leq 180$ хв.; при $E = (10 - 15)$ кВ/м $\tau \leq 90$ хв.; при $E = (15 - 20)$ кВ/м $\tau \leq 10$ хв.; при $E = (20 - 25)$ кВ/м $\tau \leq 5$ хв.

Напруженості ЕМП на робочих місцях не повинна перевищувати такі граничнодопустимі значення:

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 $J=10$ Вт/м², а

при наявності іонізуючих випромінювань або високій температурі повітря у виробничих приміщеннях (вище 28 °С) – 1 Вт/м².

Методи захисту від ЕМП: зменшення напруженості й густини потоку енергії ЕМП шляхом використання вбирачів потужності; екранування джерел ЕМП; віддалення робочих місць від джерела ЕМП; застосування попереджуючої 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. Результуюче 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 $k = (\sigma\omega\mu/2)^{1/2}$. Наприклад, якщо електромагнітна хвиля має частоту $\nu = 9$ кГц і проникає в середовище, у якого питома електропровідність $\sigma = 10^5$ Ом⁻¹м⁻¹ (сталь), то глибина проникнення $z = 0,005$ см. Отже, на глибині $z = 0,05$ 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 комітками не більше 4×4 мм². Екран повинен заземлюватися. 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.

Контрольні запитання та завдання

1. Назвіть види іонізуючого випромінювання. Як іонізуюче випромінювання кількісно оцінюються і нормується?
2. Яка ефективність іонізуючих випромінювань при опроміненні організму людини?
3. Що таке критичний орган? Як пов'язані між собою гранично допустима еквівалентна доза, категорії людей і групи критичних органів?
4. Поясніть біологічну дію радіоактивних випромінювань.
5. Які норми радіаційної безпеки в атомній енергетиці? Назвіть вимоги до приміщень для робіт 1 класу.
6. Які основні санітарні правила роботи з радіоактивними речовинами?
7. Як здійснюється радіаційний контроль? Назвіть типи і принцип дії детекторів іонізуючих випромінювань.
8. Поясніть біологічну дію і нормування ультрафіолетового випромінювання.
9. Як залежать інтенсивність і спектральний діапазон випромінювання від температури нагрітих тіл?
10. Яка граничнодопустима інтенсивність інфрачервоного випромінювання на робочих місцях?

11. Які найбільш небезпечні для людини спектральні діапазони інфрачервоного випромінювання? Поясніть його біологічну дію.
12. Які наслідки біологічної дії інфрачервоного випромінювання? Назвіть методи захисту від теплових надлишків та матеріали для теплоізоляції. Як здійснюється екранування джерел ІЧВ?
13. Назвіть джерела електромагнітних полів, їх діапазони, параметри. Опишіть механізм дії ЕМП на організм людини.
14. Охарактеризуйте зони поширення електромагнітних полів і вкажіть їх параметри. Назвіть методи захисту від ЕМП.

8. БЕЗПЕКА ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ

8.1. Заходи безпеки при рентгеноструктурному аналізі

Рентгено-фазовий аналіз, визначення параметрів решіток, орієнтація кристалів здійснюються за допомогою рентгенівських установок.

Монокристали германію і кремнію – речовини анізотропні, тобто їх властивості в різних напрямках неоднакові і залежать від орієнтації відносно кристалографічних площин, які позначаються індексами Міллера, наприклад (100), (110) і (111). Швидкість травлення залежить від орієнтації кристалів. Площина (111) має найбільш щільну упаковку атомів, що забезпечує рівний фронт впровадження або дифузії атомів домішок паралельний поверхні кристала, при виготовленні р–n-переходів. Тому злитки монокристалів орієнтують по кристалографічній площині (111), а потім виконують орієнтовану різку цих монокристалів на пластини. Для орієнтації використовують рентгенівські установки, зокрема УРС–50, в яких джерелом рентгенівського випромінювання є рентгенівська трубка. Ця трубка являє собою електровакуумний прилад з двома металевими електронами: катодом і анодом. До катода приєднана спіраль розжарювання (вольфрамова нитка). При пропусканні через спіраль струму силою 3–4 А спіраль нагрівається до температури 2300 °С. При такій температурі в умовах вакууму спіраль випускає велику кількість електронів. До електродів трубки підведена напруга в кілька десятків тисяч вольт (~50 кВ). Електрони зі швидкістю, яка співрозмірна зі швидкістю світла, летять до анода. Бомбардуючи поверхню анода, вони гальмуються його речовиною. При цьому кінетична енергія електронів перетворюється в енергію електромагнітного випромінювання з довжиною хвилі в межах $7 \cdot 10^{-2} - 76 \text{ \AA}$, яка відповідає рентгенівським променям.

Рентгенівське випромінювання (РВ) з енергією квантів 5 кеВ – 1 МеВ належить до іонізуючого, взаємодія якого із 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 із молекулами органічних речовин тканин, окислюють і руйнують їх. Така дія випромінювання називається *непрямою або опосередкованою дією*. Непряма дія завдає 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. 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, $1 \text{ Р} = 2,58 \cdot 10^{-4} \text{ Кл/кг}$. При цій дозі в 1 см^3 повітря при нормальних умовах утворюється приблизно 2 млрд пар іонів, на що витрачається енергія $0,114 \text{ ерг/см}^3$ або 85 ерг/г . Ці величини називаються енергетичними еквівалентами рентгену: $1 \text{ Р} = 0,114 \text{ ерг/см}^3 = 85 \text{ ерг/г} = 0,85 \text{ рад}$ ($1 \text{ рад} = 100 \text{ ерг/г}$).

Біологічна дія іонізуючого випромінювання 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.; $1 \text{ Гр} = 1 \text{ Дж/кг}$. Застосовується одиниця *рад*. $1 \text{ рад} = 0,01 \text{ Гр}$.

Зв'язок між поглинутою D і експозиційною X дозами РВ визначається співвідношенням $D = f \cdot X$. Для повітря коефіцієнт f дорівнює 0,85. 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.

Для промислової дефектоскопії, структурного і спектрального аналізів при роботі рентгенівських апаратів потужність експозиційної дози на робочому місці не повинна перевищувати 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 корпуси, балони джерел РВ виготовляють зі скла або кераміки з підвищеним вмістом важких елементів (свинцю, стронцію, барію); збільшують товщину балона. Рентгенівська трубка має дві захисні свинцеві оболонки: внутрішню і зовнішню, які поглинають побічне випромінювання, що поширюється від аноду по всіх напрямках. При цьому робочий пучок випромінювання виходить через спеціальне вікно. Екранування застосовують також для всієї установки. Установку розміщують у захисну камеру, а пульт керування влаштовують поза камерою. Екрани виготовляють зі сталі, свинцю, бариту, баритобетону, залізобетону. Оглядові вікна установок 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.

8.2. Безпека лазерних технологічних процесів

У технології напівпровідникових приладів використовують різні типи лазерів (оптичних квантових генераторів), які дають електромагнітне випромінювання в широкому діапазоні довжин хвиль – від інфрачервоної до ультрафіолетової області. В залежності від типу робочого тіла існують твердотілі, газові і рідинні лазери. Основною особливістю лазерного випромінювання (ЛВ) є його монохроматичність і гостра направленість (мала розбіжність пучка випромінювання), що дозволяє на малій площі одержувати великі значення густини енергії. Дія такого випромінювання на різні матеріали приводить до їх руйнування і випаровування. За допомогою лазерів проводять розділення напівпровідникових пластин на елементи (лазерне скрайбування), очищують поверхню, напилують плівки, виготовляють мікросхеми та ін.

При лазерному скрайбуванні в місці дії енергії лазерного променя відбувається випаровування і зниження міцності матеріалу за рахунок зменшення площі перерізу напівпровідникової пластини. Висока якість розділення пластин на елементи забезпечується при малій швидкості руху лазерного променя, коли глибина скрайбування на менше $\frac{1}{4}$ товщини пластини. Очищення пластини від конденсатів матеріалу здійснюється вакуумним відсмоктуванням. Після лазерного скрайбування проводять ультразвукове очищення поверхні в деіонізованій воді.

У випадках, коли необхідний нагрів, плавлення і випаровування матеріалу, використовують потужні лазери, наприклад, інфрачервоний лазер на вуглекислому газі в суміші з азотом і гелієм, який випромінює (10,6 мкм) в області прозорості більшості напівпровідникових матеріалів, зокрема й кремнію. Випромінювання цього газового лазера поглинають більшість органічних сполук і деякі оксиди. Тому такі лазери

використовують для очищення поверхні від органічних забруднень і усунення оксидних плівок. Очищення відбувається шляхом перетворення матеріалу поверхні пластини на плазму.

Дія лазерного випромінювання на організм людини має складний характер і 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 біологічно активне, воно викликає фотохімічні реакції в тканинах. 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. При великих густинах потоку енергії ЛВ спостерігаються зміни в крові, внутрішніх органах, головному мозку, виникають злоякісні пухлини. *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 недзеркальна. 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. Ближнє і середнє інфрачервоне ЛВ при великих густинах енергії також спричинює сліпоту через помутніння кришталика ока.

При експлуатації лазерів на працівників можуть також впливати інші шкідливі виробничі фактори, пов'язані з роботою лазера, а саме: світлове випромінювання від імпульсних ламп „накачки”, висока напруга в електричному колі ламп „накачки”, електромагнітні поля ВЧ- і НВЧ-діапазонів від генераторів накачки, токсичні речовини, які використовуються в конструкції лазера, забруднення повітряного середовища в результаті випаровування матеріалу мішені при зварюванні, пайці, скрайбуванні й інших операціях.

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 світловодом променя 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. Усі 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.

8.3. Вимоги до процесів фотолітографії

Фотолітографія – одна з важливіших технологій напівпровідникового приладобудування. Процес фотолітографії складається із наступних основних операцій: нанесення плівки світлочутливої речовини (фоторезисту) на пластину напівпровідникового матеріалу; експонування (засвічування) фоторезисту через фотошаблон: травлення пластин в місцях, незахищених плівкою фоторезисту. В результаті на пластині одержуються витравлені на певну глибину вікна різної конфігурації, які точно відповідають малюнку фотошаблону.

Для виконання операцій фотолітографії використовують комплекс технологічного обладнання – *агрегат фотолітографії*, який складається з 12 установок. Кожна установка являє собою стіл зі скафандром, який оснащений відповідним обладнанням. Освітлюються скафандри лампами денного світла. Установки з'єднані між собою шлюзами і затворами, які дозволяють транспортувати пластини без контакту їх з атмосферою приміщення. В скафандрах контролюється атмосфера – очищене повітря або азот. На панелях столів розташовані елементи керування і контрольні прилади.

На установці для нанесення шару фоторезисту оператор повинен працювати в гумових рукавицях, які закріплені в отворах скафандра. В рукавиці для охолодження рук безперервно подається струмінь стиснутого повітря. Для очищення скафандра всередині від пилу застосовується пристрій, який створює електростатичне поле, що забезпечує осідання пилу на зарядженій пластині, розташованій вздовж задньої стінки скафандра. Очищується установка від пилу два рази на зміну. Пил із скафандра усувається за допомогою пилососа, після чого скафандр всередині протирається тканиною, змоченою спиртом.

На установці для суміщення і експонування проводиться суміщення зображення фотошаблону (маски) з зображенням на напівпровідниковій пластині з наступним експонуванням

світлочутливого шару на пластині через фотошаблон. При підготовці установки до роботи її очищують пілососом, протирають всередині тканиною, зволоженою спиртом і перевіряють її на заповишеність. Для експонування використовується освітлювач – ртутно-кварцева лампа, яка є потужним джерелом ультрафіолетового випромінювання. Для охолодження лампи корпус освітлювача підключається до витяжної системи для створення потоку повітря. Установка має електричний блок для живлення освітлювача і керуваннями процесами суміщення і експонування. Контроль режиму запалювання ртутно-кварцевої лампи здійснюється за допомогою амперметра і вольтметра. Експонування можна починати виконувати через 15–20 хв. після вклучення лампи. Повторне вклучення лампи дозволяється тільки після її охолодження.

При роботі на установці для суміщення і експонування, яка живиться від мережі 220 В, необхідно виконувати правила електробезпеки. Каркас установки повинен бути заземленим. Враховуючи, що ртутно-кварцева лампа є потужним джерелом ультрафіолетового випромінювання, треба здійснювати заходи, які запобігають переопромінення персоналу.

В установці для проявлення фоторезиста і травлення касети з пластинами опускаються в ванну з органічним розчинником (толуолом) або травником і піднімаються за допомогою механізму, який приводиться в дію електродвигуном. Щоб запобігти перенавантаження електродвигуна, в приводі встановлена зубчата запобіжна муфта. В верхньому положенні підйомник знаходиться в камері, яка безперервно продувається азотом або очищеним повітрям для вентиляції і підтримки температури 20°C. Завантажують касети в підйомник через спеціальний герметичний отвір. Відмивка дистильованою або деіонізованою водою і сушка пластин автоматизовані.

При роботі на установках агрегату фотолітографії необхідно дотримуватись не тільки правил техніки безпеки для електричних установок, але і при роботі з хімічними речовинами.

8.4. Вимоги вакуумної гігієни

Усі технологічні процеси виготовлення напівпровідникових приладів, які пов'язані з випаровуванням і конденсацією, катодним розпиленням, нанесенням плівок, осадженням із газової фази та іншими методами, проводяться з використанням вакуумного обладнання. Тому виготовлення якісних приладів вакуумними методами неможливе без виконання певних вимог вакуумної гігієни. Під *вакуумною гігієною* розуміють чистоту виробничих приміщень, в яких розміщені вакуумні установки; чистоту матеріалів, інструмента, оптичних деталей; чистоту одягу, взуття, рук працюючих тощо.

Очищення повітря здійснюється шляхом фільтрації нагнітального повітря з наступним кондиціонуванням до необхідної відносної вологості й температури, а також усуненням надлишків теплоти, яка утворюється всередині приміщення. Система кондиціонування забезпечує рівномірну температуру по всій висоті приміщення і виключає конвекцію, протяги і направлені повітряні потоки, які сприяють переміщенню частинок пилу.

Найбільш великі частинки пилу зовнішнього повітря затримуються масляними фільтрами, а дрібнодисперсні частинки усуваються аероіонізаційними установками. Запорошеність приміщень визначається кількістю пилинок в 1 дм^3 повітря або кількістю пилинок, які осіли на 1 см^2 предметного скла за годину. З цією метою використовують, наприклад, аналізатор запорошеності АЗ-5. Для зменшення запорошеності необхідно, щоби тиск повітря в приміщеннях вищої категорії перевищував тиск у суміжних приміщеннях нижчої категорії на 25–49 Па.

Приміщення повинно підтримуватися в необхідній чистоті, яка забезпечується регулярним прибиранням. Два рази на день повинне проводитись вологе прибирання приміщення (підлоги, поверхонь обладнання, апаратури, опалювальних батарей та ін.). Вологе прибирання стелі, стін, вікон, світильників проводять не менше одного разу на місяць.

Матеріали зберігають в закритій тарі. Завантаження їх в випарник здійснюється за допомогою чистого і знежиреного

пінцета. Оптичні деталі тримають в закритій чистій шафі, наприклад медичній.

Деталі і вузли внутрішніх пристроїв вакуумних камер захищають змінними екранами із алюмінієвої фольги. Часткове очищення запиленої арматури проводять один раз на тиждень. Не можна доводити до відшарування напилених шарів на деталях арматури. Повна очистка, яка проводиться один раз в 1–1,5 місяця, включає розбирання і очищення всієї арматури та вакуумної камери.

Очищення деталей із алюмінію, дюралюмінію і скла проводять в такій послідовності: обробляють 10 %-ним розчином соляної кислоти, промивають проточною водою, травлять в 20%-ному розчині лугу (KOH або NaOH), промивають проточною водою, обробляють 10%-ним розчином азотної кислоти до повного освітлення деталей, промивають проточною водою і висушують в термостаті при температурі 200–250°C протягом години.

При очищенні вакуумної камери не можна використовувати вату та інші ворсисті матеріали. Всі забруднення необхідно усувати за допомогою пилососа.

Працівники зобов'язані дотримуватися особистої гігієни, ретельно стежити за чистотою одягу, взуття, рук. В побутових приміщеннях знімається особистий одяг і взуття та одягається технологічний. Технологічний одяг (халати, тапочки, косинки, шапочки) закріплюється за кожним робітником індивідуально. Одежу періодично необхідно очищувати і знепилювати.

Перед початком роботи кожний працівник зобов'язаний перевірити стан робочого місця, приладів і інструментів, а по закінченні роботи прибрати своє робоче місце, очистити і прибрати інструменти.

При зборці арматури і підготовці робочої камери працівники повинні користуватися гумовими напальчниками або рукавичками, які перед початком роботи необхідно кип'ятити в содовому розчині з наступною промивкою в чистій воді.

У технологічних процесах, які проводяться з використанням вакуумного обладнання, до небезпечних і шкідливих виробничих факторів належать електричний струм, пожежонебезпека, хімічні речовини, які можуть викликати опіки і отруєння.

Вакуумна установка повинна бути обладнана автоматичним блокувальним пристроєм, який відключає подачу напруги при надходженні повітря в вакуумну камеру і при її відкритті.

Вихлопний повітряний канал форвакуумного насосу повинен бути герметично підключеним до витяжної вентиляційної системи.

Персоналу забороняється працювати на пошкодженій установці, знімати огорожі, порушувати блокування і залишати працюючу вакуумну установку без нагляду.

Після закінчення нанесення покриття проводиться прокачування об'єму робочої камери для усунення аерозолів хімічних реагентів.

8.5. Безпека систем, працюючих під тиском

Системою, яка працює під тиском, називається герметично закрита ємність, яка призначена для проведення хімічних і теплових процесів, а також для зберігання і перевезення стиснутих, скраплених і розчинених газів або рідин, які знаходяться під надлишковим тиском ($> 0,07$ МПа). Такі ємності належать до об'єктів підвищеної небезпеки, оскільки не виключені випадки їх руйнування (вибуху) внаслідок перегріву, ударів, перевищення робочого тиску вище допустимого. При вибуху ємностей розвиваються великі потужності з вивільненням потенціальної енергії газу і перетворення її в кінетичну. Так, при вибуху ємності в 1 м^3 , яка знаходиться під тиском 1 МПа , розвивається потужність порядку 10 МВт . При цьому можуть відбутися значні руйнування і тяжкі травми людей.

Ємності, які знаходяться під тиском, як правило, розміщують на відкритих майданчиках в місцях, де виключається скупчення людей, або в окремих приміщеннях. Допускається зберігання ємностей під тиском в приміщеннях, які межують з виробничими будівлями, але при умові відокремлення їх капітальною стіною. Повинна виключатися можливість перевертання ємностей.

За станом ємностей необхідний постійний контроль. Ємності не допускаються до експлуатації у випадках появи тріщин, пропускання газу або рідини, запотівання зварних швів,

некомплектності закріплюючих деталей, ковпаків, відсутності клапанів, термометрів, сигнальних пристроїв та ін.

Балони зі стиснутими, скрапленими або розчиненими газами вимагають дотримання спеціальних заходів безпеки при їх зберіганні, транспортуванні і експлуатації:

1. Балони з горючими і отруйними газами зберігаються в спеціальних закритих на замок приміщеннях, які будуються із негорючих матеріалів, з матовими або фарбованими білою фарбою стеклами для розсіювання сонячного світла. Обов'язково повинна бути вентиляція. Щоб попередити іскроутворення, підлога покривається пластиком або бітумним асфальтом. Опалення допускається тільки водяне або парове низького тиску.
2. Не допускається сумісне зберігання балонів з киснем і балонів з горючими газами, оскільки це може призвести до утворення вибухонебезпечної суміші. В приміщенні для зберігання горючих газів обов'язково ведеться контроль концентрації газу в повітрі приміщення. При виникненні надлишкової концентрації газу приміщення негайно вентильється, а балони з витокм газу усуваються.
3. Балони з газом необхідно транспортувати з одягнутими ковпаками, а з горючими газами – з ковпаками і заглушками. При перекочуванні балонів вручну не можна торкатися за вентиль. Кидати балони і ударяти їх об тверді предмети не допускається. Забороняється працювати з кисневими балонами в промасленій одежі і рукавицях.
4. Не допускаються до експлуатації балони із закінченим терміном чергового випробування, з відсутнім клеймом, не відремонтованим вентилем, пошкодженим корпусом. Забороняється відігрівання редукторів, вентилів відкритим вогнем, дозволяється – тільки гарячою водою.

Балони зі стиснутим газом подаються на місця споживання тільки з закрученими ковпаками на візках з ресорами або перекочуються на башмаках. Перенесення балонів на руках або плечах забороняється. Перед експлуатацією необхідно перевірити їх фарбування необхідному газу. Балони в залежності від газу фарбуються в різні кольори. Для азоту –

чорний, аргону – сірий, водню – темно-зелений, гелію – коричневий, кисню – голубий, хлору – захисний колір, пропан-бутан – червоний.

На місці використання балон з газом повинен знаходитись в вертикальному положенні і повинен бути надійно закріпленим хомутом до стіни, або поставлений в гніздо або клітку на відстані не менше 1 м від радіаторів опалення і нагрівальних приладів і 5 м від відкритого вогню.

Газ із балона в ємність з більш низьким тиском необхідно випускати через редуктор, який призначений виключно для даного газу й пофарбований у відповідний колір. Для запобігання помилкам балони з горючими газами і їх редуктори мають ліву різьбу, а з негорючими, зокрема й киснем, – праву. При закріпленні редуктора на балон необхідно стежити за справністю накидної гайки, а для кисневих редукторів – за наявністю в ній фібрової прокладки і відсутністю слідів масла. Не можна користуватися редукторами з несправними манометрами (розбите скло, стрілка не стає на місце і т.п.), а також манометрами, які не мають пломб або з простроченим терміном перевірки.

У напівпровідниковому виробництві широко застосовують різні гази: горючі і вибухонебезпечні (водень); токсичні (хлор); інертні (аргон, гелій, азот). Виток водню може привести до вибуху, а хлору – до отруєння. Інертні гази, потрапляючи в атмосферу приміщення, знижують вміст кисню і погіршують тим самим умови праці. Тому обладнання, яке працює з використанням газів, і газопроводи повинні бути герметичними. У приміщеннях, де можливе виділення в робочу зону вибухонебезпечних і токсичних газів, повинні бути встановлені автоматичні газоаналізатори, які безперервно контролюють стан атмосфери. Роботи в таких приміщеннях допускаються тільки при включеній приточно-витяжній вентиляції з кратністю обміну повітря не менше 10–15.

Установки, які працюють з воднем, повинні бути оснащені в місцях його виділення місцевими підсосами або пристроями для спалювання водню. Забороняється подавати водень в установки, які мають в середині нагріті деталі (нагрівачі, кварцові труби та ін.). У випадку витоку водню з установки або газопроводу

необхідно негайно перекрити запірний вентиль на лінії подачі газу в приміщення. При вмісті водню в повітрі приміщення $> 20\%$ по сигналу автоматичного газоаналізатора припиняється подача газу і подається аварійний сигнал.

Відкривати робочі камери установок, в яких проводили процеси в середовищі горючих або токсичних газів, можна тільки після ретельної протягом 10–15 хвилин продувки інертним газом, наприклад азотом. Якщо установка має вакуумну систему, то продувка інертним газом може бути замінена вакуумуванням.

Рідкий азот використовують як холодоагент для охолодження вакуумних пасток і виморожуючих пристроїв. Його зберігають в посудинах Дьюара, які названі ім'ям їх винахідника. В цих металевих двостінних посудинах для зменшення втрат тепла випромінюванням внутрішні стінки посріблені, а для зменшення втрат через теплопровідність між стінками створено вакуумний простір. Горловина закривається ковпаком, який легко випускає газ, який випаровується.

Рідкий азот, потрапляючи на шкіру, викликає опіки (обмороження). Тому всі роботи з ним проводять в спецодязі, рукавицях і окулярах або наголовним щитком. Необхідно запобігати потраплянню всередину дьюара сторонніх речей і вологи. Потрапляння вологи може викликати утворення льоду і закупорку горловини, що призведе до вибуху посудини. Тому забороняється зберігати посудини Дьюара без ковпаків на горловині, в несправному стані або використовувати для інших рідин.

Контрольні запитання та завдання

1. Назвіть небезпечні фактори при проведенні рентгенографічних досліджень напівпровідників.
2. Опишіть пряму і опосередковану біологічну дію рентгенівського випромінювання.
3. Що таке експозиційна й поглинута дози рентгенівського випромінювання?
4. Які можуть бути біологічні порушення організму людини в залежності від поглинутої дози рентгенівського випромінювання?
5. Опишіть методи захисту від рентгенівського випромінювання.

6. Назвіть основні застосування лазерів у приладобудуванні.
7. Охарактеризуйте біологічну дію лазерного випромінювання. Назвіть методи захисту.
8. Який параметр лазерного випромінювання нормований? Назвіть його граничнодопустимі значення в залежності від спектрального складу випромінювання.
9. Назвіть небезпечні фактори, що виникають при експлуатації установки для експонування в процесах фотолітографії.
10. Які вимоги безпеки при проведенні процесів проявлення фоторезиста і травлення напівпровідникових пластин?
11. Що таке вакуумна гігієна? Які вимоги до неї в приладобудуванні?
12. Опишіть, в чому небезпека систем, працюючих під тиском.
13. Які вимоги безпеки при транспортуванні, зберіганні і експлуатації балонів із стиснутими і скрапленими газами?
14. Які вимоги до балонів з токсичними, інертними, горючими газами і киснем?
15. Які вимоги при проведенні техпроцесів із використанням водню?
16. Сформулюйте правила зберігання й експлуатації рідкого азоту.

9. ЕЛЕКТРОБЕЗПЕКА

9.1. Дія електричного струму на організм людини

Електротравматизм має такі 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, зокрема 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 та 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 обуглюються 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 розбризуванні 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.

Електроофтальмія – 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 судомними 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 насоса.

Електричний шок – це тяжка нервово-рефлекторна реакція організму на дію струму, коли виникають глибокі розлади дихання, кровообігу, нервової системи, обміну речовин. Одразу 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 (унаслідок 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).

На ступінь ураження струмом впливає *опір тіла людини*, який може змінюватись у дуже широких межах. Найбільший опір у верхнього шару шкіри товщиною приблизно 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 (промірний при напрузі до 15 – 20 В) знаходиться в межах 3 – 1000 кОм і більше; опір внутрішніх тканин тіла – 300 – 500 Ом.

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

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.

Тривалість протікання струму через тіло людини істотно впливає на ступінь ураження у зв'язку з тим, що з часом різко зменшується опір шкіри людини, більш імовірним 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 сприйнятливність до електричного струму. Тому до обслуговування електроустановок допускаються особи, які пройшли медичний огляд.

9.2. 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 такі 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 ізольованою нейтраллю (з малими струмами замикання на землю); 3 – з напругою до 1000 В з глухозаземленою нейтраллю; 4 – з напругою до 1000 В з ізольованою 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 прирівнюються 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.

9.3. Умови ураження людини електричним струмом

Ураження людини струмом або дугою може відбутися в таких 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 неструмопровідних 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 неструмопровідними 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.

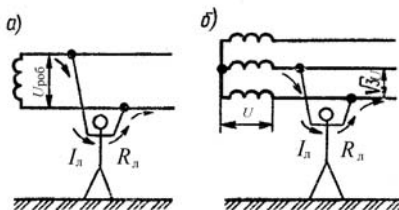


Рис.1. Двофазний (двополюсний) дотик до струмоведучих частин:
а – у мережі постійного струму або в однофазній мережі;
б – у трифазній мережі

9.4. 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 $\varphi(x)$ залежить від типу заземлювача.

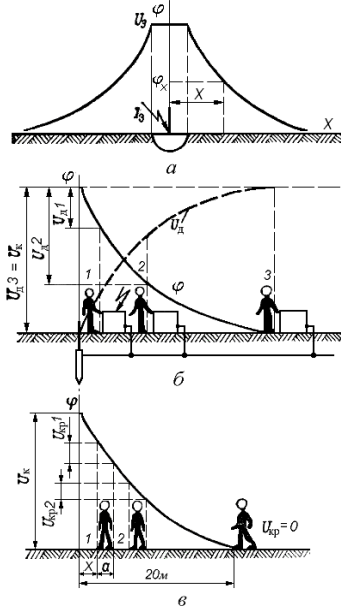


Рис.2. небезпека замикання на землю в електроустановках: а – розподіл потенціалу на поверхні землі; б – напруга дотику при різній відстані від заземлювача; в – напруга кроку в залежності від відстані від заземлювача.

Наприклад, для півкульового заземлювача $\varphi(x) = I_3 \rho / (2\pi x)$, 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 уже на відстані 20 м від заземлювача $\varphi = 0$. Отже, можна вважати, що й поле розтікання струму поширюється в радіусі 20 м від заземлювача.

Важливими поняттями є напруга дотику й напруга кроку.

Напруга дотику – це напруга U_d (рис.2, б), під яку потрапляє людина, стоячи на ґрунті й торкаючись до корпусу обладнання, який виявився під напругою. Чисельно U_d дорівнює різниці потенціалів корпусу φ_k і ґрунту φ_x в точці, де знаходяться ноги людини:

$U_d = \varphi_k - \varphi_x = U_k \alpha$, де U_k – напруга на корпусі обладнання відносно точки поверхні землі поза зоною розтікання струму замикання на землю; $\alpha = 1 - \varphi_k / \varphi_x \leq 1$ – коефіцієнт напруги дотику, який

враховує форму потенціальної кривої і залежить від типу заземлювача і відстані людини до заземлювача.

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: $I_l = U_d / R_l$.

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 $U_{кр} = \phi_x - \phi_{x+a} = U_k \beta$, де β – коефіцієнт напруги кроку, який враховує форму потенціальної кривої і який залежить від відстані від заземлювача x і довжини кроку a . $\beta = (\phi_x - \phi_{x+a}) / \phi_3 \leq 1$, де ϕ_3 – 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 відстані від заземлювача). При потраплянні під напругу кроку струм, який протікає через людину по шляху нога – нога, дорівнює $I_l = U_{кр} / R_l$. Такий шлях струму менш небезпечний, ніж шлях рука – ноги, але цей струм викликає судому 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.

9.5. 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 струмопровідними 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 небезпеки; ізолюючі захисні пристрої. До найпоширеніших технічних засобів захисту належать заземлення й занулення.

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

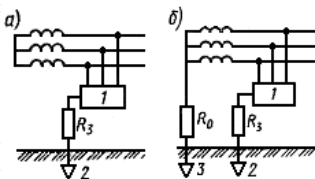


Рис.3. Схема захисного заземлення: а – у мережі з ізолюваною нейтраллю до 1000 В; б – у мережі з заземленою нейтраллю вище 1000 В; 1 – заземлене обладнання; 2 – заземлювач захисного заземлення; 3 – заземлювач заземлення нейтралі джерела струму.

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. Пристрій для заземлення складається із заземлювача (одного або кількох металевих елементів, заглиблених у ґрунт) і провідників, які з'єднують корпус із 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 цей 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 неелектротехнічного 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 (сталі труби, прутки, кутки) з'єднуються горизонтальними електродами.

Згідно із 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 із глухозаземленою нейтраллю захисне заземлення вважається недостатньо ефективним, тому застосовують особливий тип захисту – занулення. *Зануленням* називається електричне з’єднання з нульовим захисним провідником металевих неструмопровідних 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).

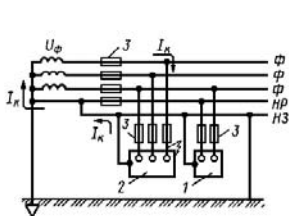


Рис. 4. Схема занулення в трифазній мережі з нульовим робочим (НР) і нульовим захисним (НЗ) провідниками: 1 – корпус однофазного приймача струму; 2 – корпус трифазного приймача струму; 3 – плавкі запобіжники; I_k – струм однофазного короткого замикання; Ф – фазний дріт; U_ϕ – фазна напруга

Завдання занулення те 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 з 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 звільняється й розмикає контакти автоматичного вимикача.

Організаційні заходи щодо забезпечення електробезпеки полягають в дотриманні вимог до персоналу. До робіт з електроустановками не допускаються особи, які не досягли повноліття.

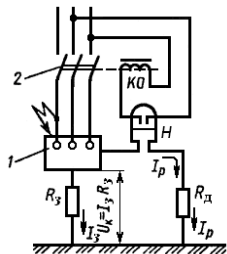


Рис. 5. Схема пристрою захисного від'єднання, який реагує на напругу корпусу відносно землі:

1 – корпус; 2 – автоматичний вимикач;
КО – котушка з осердям; Н – реле напруги (максимальне); $R_з$ – опір захисного заземлення; $R_д$ – опір допоміжного заземлення

Практикантам, яким менше 18 років, дозволяється працювати з електроустановками обмежений час і під постійним наглядом досвідченого й кваліфікованого працівника. 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.

9.6. Електрозахисні заходи і пристрої

До електрозахисних заходів і пристроїв належать: ізоляція струмопровідних частин, недоступність струмопровідних 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 з металу. Огорожі заземлюються і обладнуються дверима, які зачиняються на замок.

Захист від дотику до струмопровідних 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 та 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 рознімання 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 струмопровідних частин під напругою, належать: ізолюючі кліщі, слюсарно-монтажний інструмент із ізолюючими рукоятками, діелектричні рукавиці; до *додаткових ізолюючих засобів* – діелектричні калоші, килимки, підставки. При роботі під напругою використовують *допоміжні пристосування*: пояси, монтерські кігті, драбини.

9.7. Допомога при потрапленні 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.

Насамперед 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 дрiт. Можна перерізати дроти, використовуючи інструмент із ізольованими рукоятками.

Якщо потерпілий не втратив свідомість, необхідно дати йому відпочити, при наявності травм надати 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 зупинитися 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.

Контрольні запитання та завдання

1. Вкажіть фактори ураження та опишіть дію електричного струму на організм людини.
2. Які існують технічні методи захисту від ураження струмом у випадку замикання на корпус електроустановки?
3. Яке призначення та принцип дії захисного заземлення?
4. Зобразіть принципову схему та опишіть принцип дії занулення.
5. В чому полягає принцип дії швидкодіючого захисного відключення електроустановки при замиканні на корпус? Поясніть схему пристрою захисного від'єднання.
6. Назвіть основні електрозахисні заходи і пристрої, поясніть їх призначення.

10. ОСНОВИ ПОЖЕЖНОЇ БЕЗПЕКИ

10.1. Причини пожеж

Пожежа – це неконтрольоване горіння, яке завдає шкоду здоров'ю людей і призводить 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 третьових 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 струмопровідних 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. Причина самозапалювання – взаємодія деяких речовин, наприклад сірчаної кислоти з хлоратом калію й натрію. Азотна кислота може викликати самозапалювання деревної стружки, соломи, бавовни. Дуже небезпечні апарати й 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.

10.2. 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.

При температурі більше ніж $t_{\text{ок}}$ починається окислення горючої речовини, і за рахунок теплоти реакції окислення температура горючої суміші швидко зростає.

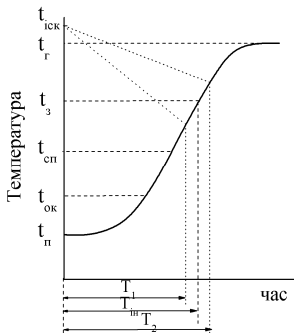


Рис. 6. Графік зміни температури в горючій речовині

При $t_{\text{сп}}$ 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 $t_{\text{сп}}$ завжди менша за температуру займання $t_з$. Проміжок часу $T_{\text{ін}}$, 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 ($T_1 < T_{\text{ін}}$), то запалення її не відбудеться. Якщо іскра буде охолоджуватися довше періоду індукції ($T_2 > T_{\text{ін}}$), 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 замкнутому 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 зі 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 та іскри, підвищена температура, токсичні продукти горіння, дим, низька концентрація кисню, обвалювання й пошкодження будівель, обладнання, вибухи.

10.3. Показники джерел запалювання

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

Найпоширеніший *тепловий імпульс*. Для запалювання горючої суміші достатньо нагріти до температури займання всього 0,5 – 1 мм³ цієї суміші. Відкрите полум'я в усіх випадках запалює горючу суміш, оскільки його температура (700 – 1500 °С) перевищує температуру займання суміші, а кількість теплоти більша, ніж цього необхідно для нагрівання 1 мм³ 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 °С, 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 °С. Температура іскри тим більша, чим сильніший удар.

Хімічний імпульс зумовлений тим, що деякі хімічні речовини при взаємодії з киснем повітря, водою та 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 °С, 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.

10.4. Засоби гасіння пожеж

Гасіння пожежі може бути здійснено такими 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 сталених 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 з 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 й кислотного розчинів, які зберігаються окремо, або при змішуванні порошку піноутворювача в піногенераторах із потоком води. *Порошок* складається із суміші сірчанокислого 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.

Галогеноуглеводневі 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 грудкуватість. До складу порошоків 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.

Контрольні запитання та завдання

1. Опишіть процес горіння, його форми та види в залежності від швидкості розповсюдження полум'я.
2. Вкажіть причини пожеж і вибухів та показники джерел запалювання.
3. Які існують методи гасіння пожежі? Назвіть типи вогнегасильних речовин і вогнегасників.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Винокурова Л.Е., Васильчук М.В., Гаман М.В. Основи охорони праці. Київ : Вікторія, 2001. 192 с.
2. Охорона праці та промислова безпека : навч. посіб. / К.Н. Ткачук, В.В. Зацарний, Р.В. Сабарно, С.Ф. Каштанов, Л.О. Мітюк, Л.Д. Третякова, К.К. Ткачук, А.В. Чадюк; за ред. К.Н. Ткачука і В.В. Зацарного. – Київ, 2009. 357 с.
3. Носовський А.В. Дозиметрія та захист від іонізуючого випромінювання. Київ : Фенікс, 2020. 406 с.
4. Одарченко М.С., Одарченко А.М., Степанов В.І., Черненко Я.М. Основи охорони праці. Харків : Стиль-Іздат, 2017. 341 с.
5. Трахтенберг І.М., Коршун М.М., Чебанова О.В. Гігієна праці та виробнича санітарія. Київ : 1997. 464 с.
6. Гандзюк М.П., Желібо Є.П., Халімовський М.О. Основи охорони праці. Київ : Каравела, 2004. 407 с.
7. Левченко О.Г., Денисюк С.П., Каштанов С.Ф. Електробезпека в енергетиці : навчальний посібник. Київ : Каравела, 2022. 278 с.
8. Геврик Є.О. Охорона праці : навчальний посібник. Київ: Ельга Ніка-Центр, 2004. 280 с.
9. Панченко С.В., Акімов О.І., Бабасв М.М., Блиндюк В.С., Панченко В.В., Супрун О.Д., Сушко Д.Л. Електробезпека : підручник. Харків : УкрДУЗТ, 2018. 295 с.

Навчальне видання

ОХОРОНА ПРАЦІ В ПРОМИСЛОВОМУ ВИРОБНИЦТВІ

Навчальний посібник

Укладач: *Грушка Олена Григорівна*

Відповідальний за випуск *Майстрок Е.В.*

Літературне редагування *Колодій О.В.*

Технічне редагування та дизайн обкладинки

Чораєва Г.К.

Електронне видання

Підписано до друку 09.04.2025

Умов.-друк. арк. 5,7. Обл.-вид. арк. 6,1.

Зам. Н-032.

Видавництво Чернівецького національного університету.

58002, Чернівці, вул. Коцюбинського, 2.

e-mail: ruta@chnu.edu.ua

Свідоцтво суб'єкта видавничої справи ДК № 891 від 08.04.2002.



ОХОРОНА ПРАЦІ

ОХОРОНА ПРАЦІ – це система правових, соціально-економічних, організаційно-технічних, санітарно-гігієнічних, лікувально-профілактичних заходів та засобів, спрямованих на збереження здоров'я і працездатності людини в процесі праці

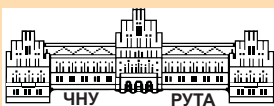
**ЗАГАЛЬНІ ЗАКони,
ЩО ВИЗНАЧАЮТЬ ОСНОВНІ ПОЛОЖЕННЯ З ОХОРОНИ ПРАЦІ**

**КОНСТИТУЦІЯ
УКРАЇНИ**

**ЗАКОН
ПРО ОХОРОНУ
ПРАЦІ**

**КОДЕКС
ЗАКОНІВ
ПРО ПРАЦЮ**

**ПІДЗАКОННІ
НОРМАТИВНО-ПРАВОВІ
АКТИ З ПИТАНЬ
ОХОРОНИ ПРАЦІ**



ISBN 978-966-423-957-5



9 789664

239575