УДК 658.332.3(075)
ББК 65.9(2).248
К 73

Рецензенти:

С. С. Рижков, *доктор технічних наук, професор,*
завідувач кафедри екології та охорони праці
Національного університету кораблебудування ім. адмірала Макарова
***М. О. Нагорний**, ректор Південної академії підвищення кваліфікації кадрів*
Мінпромполітики України, заслужений працівник освіти України
***М. І. Поступальський**, начальник Головного управління МНС України*
в Миколаївській області, генерал-майор Служби цивільного захисту

Рекомендовано Міністерством освіти і науки України
як навчальний посібник для студентів вищих навчальних закладів
(лист № 1/12–2140 від 29 травня 2003 року)

Коваль В. І., Скороходов В. А.
К 73 Управління охороною праці в промисловості: Навчальний посібник. — К.: ВД «Професіонал», 2005. — 448 с.

ISBN 966-8556-99-2

У навчальному посібнику висвітлюються теоретичні питання управління охороною праці і даються практичні рекомендації зі створення безпечних умов роботи на промислових підприємствах.
Проаналізовано основні законодавчі акти України з питань охорони праці, розглянуто питання організації роботи служб охорони праці, державного нагляду і громадського контролю. Особлива увага приділяється питанням виконання організаційних і технічних заходів щодо техніки безпеки при різних технологічних процесах. Усебічно проаналізовано питання пожежної безпеки, причини виникнення пожеж, методи боротьби з пожежами, особливості організації пожежної охорони в складі МНС. Розглянуто вплив сучасних комп'ютерів на людину і дано рекомендації щодо його послаблення.
Посібник призначено для студентів вузів, слухачів системи підвищення кваліфікації. Він може бути корисним у практичній роботі фахівців на виробництві, осіб, що здійснюють державний нагляд і громадський контроль за охороною праці.

УДК 658.332.3(075)
ББК 65.9(2).248

© Коваль В. І., Скороходов В. А., 2005
© ВД «Професіонал», 2005

ISBN 966-8556-99-2

ЗМІСТ

Вступ 7

Частина І. ЗАКОНОДАВЧЕ ТА ОРГАНІЗАЦІЙНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ УПРАВЛІННЯ ОХОРОНОЮ ПРАЦІ 11

Розділ 1. Організація роботи з охорони праці на підприємствах 12

§ 1.1. Роль учених у вирішенні питань охорони праці 12

§ 1.2. Основні види інформації з охорони праці 16

§ 1.3. Державне управління охороною праці 20

§ 1.4. Обов'язки адміністрації і підприємств із охорони праці 23

§ 1.5. Основні положення системи навчання робітників норм і правил охорони праці 27

§ 1.6. Основні положення системи навчання фахівців норм і правил охорони праці 29

§ 1.7. Органи державного нагляду за охороною праці 30

§ 1.8. Громадський контроль за дотриманням законодавства з охорони праці .. 31

§ 1.9. Фінансування заходів з охорони праці 33

§ 1.10. Пільги жінкам, неповнолітнім, інвалідам і тим, хто має шкідливі умови праці 33

§ 1.11. Види відповідальності за порушення норм охорони праці 35

Контрольні запитання 39

Розділ 2. Виробничий травматизм 40

§ 2.1. Аналіз виробничого травматизму 40

§ 2.2. Загальні відомості про травматизм 47

§ 2.3. Загальний порядок розслідування нещасних випадків 49

§ 2.4. Порядок розслідування нещасних випадків, коли постраждалий забезпечував роботою себе сам 50

§ 2.5. Порядок розслідування нещасних випадків, пов'язаних з виробництвом ... 50

§ 2.6. Спеціальне розслідування нещасних випадків 59

§ 2.7. Розслідування професійних захворювань 62

§ 2.8. Розслідування аварій 64

§ 2.9. Розслідування нещасних випадків невиробничого характеру 67

§ 2.10. Методи аналізу виробничого травматизму 69

§ 2.11. Причини травматизму 71

Контрольні запитання 73

Частина ІІ. СТВОРЕННЯ БЕЗПЕЧНИХ УМОВ ПРАЦІ ПРИ РОБОТІ ВИРОБНИЧОГО УСТАТКУВАННЯ 75

Розділ 3. Основи електробезпеки 76

§ 3.1. Види ураження електричним струмом 76

§ 3.2. Основні фактори, що визначають ступінь ураження струмом 77
§ 3.3. Основні фактори, що визначають можливість ураження струмом у різних електричних мережах 84
§ 3.4. Класифікація приміщень за ступенем небезпеки ураження електричним струмом 90
§ 3.5. Методи автоматичного контролю за справністю ізоляції струмоведучих елементів електроустаткування 91
§ 3.6. Захисне заземлення 97
§ 3.7. Прилади для контролю опору заземлення 109
§ 3.8. Пристрій занулення електроустаткування 112
§ 3.9. Пристрої автоматичного відключення аварійних ділянок 113
§ 3.10. Індивідуальні засоби захисту, що застосовуються під час роботи електроустановок 117
§ 3.11. Надання першої допомоги при електротравмах 118
Контрольні запитання 121
Розділ 4. Безпека праці при основних технологічних процесах 123
§ 4.1. Інженерна психологія і її зв'язок з новою технікою 123
§ 4.2. Безпека праці при роботі металообробного устаткування 127
§ 4.3. Безпека праці при зварювальних роботах 131
§ 4.4. Безпека праці при фарбувальних роботах 134
§ 4.5. Безпека праці при роботі вантажопідйомних машин 140
§ 4.6. Безпека експлуатації герметичних систем, що перебувають під тиском . 143
§ 4.7. Засоби наочної агітації 146
Контрольні запитання 149
Частина ІІІ. ВИРОБНИЧА САНІТАРІЯ І ГІГІЄНА ПРАЦІ 151
Розділ 5. Основні шкідливі виробничі фактори, що діють на людину в робочій зоні 152
§ 5.1. Стан повітряного середовища і його вплив на людину 152
§ 5.2. Нормування шкідливих виробничих факторів 156
§ 5.3. Мікроклімат робочої зони 157
§ 5.4. Прилади контролю параметрів мікроклімату 162
§ 5.5. Основні шкідливі речовини в повітрі робочої зони 166
§ 5.6. Методи й прилади для визначення концентрації шкідливих речовин 170
§ 5.7. Визначення інтенсивності виділення шкідливих речовин 177
§ 5.8. Очищення повітря від шкідливих речовин 180
§ 5.9. Індивідуальні засоби захисту органів дихання 186
Контрольні запитання 188
Розділ 6. Вентиляція приміщень і будівель 190
§ 6.1. Вентиляційні мережі і вільні струмені, їх роль у провітрюванні будівель 190
§ 6.2. Закономірності руху вільних струменів 192
§ 6.3. Режими руху потоків 197

§ 6.4. Визначення кількості повітря, що проходить через повітровід 199
§ 6.5. Види втрат напору під час руху потоків 201
§ 6.6. Припливні вентиляційні мережі 205
§ 6.7. Витяжні вентиляційні мережі 207
§ 6.8. Загальнообмінні системи вентиляції 211
§ 6.9. Вентилятори та їх характеристики 217
§ 6.10. Основні закономірності руху повітря у вентиляційних мережах ... 219
§ 6.11. Розрахунок вентиляційних мереж 222
§ 6.12. Опалення виробничих цехів 228
§ 6.13. Створення і розрахунок природної вентиляції 231
Контрольні запитання 235
Розділ 7. Виробниче освітлення 237
§ 7.1. Стан освітленості промислових приміщень і будівель 237
§ 7.2. Основні світлотехнічні характеристики 237
§ 7.3. Нормування освітленості 243
§ 7.4. Прилади для визначення характеристик світла 250
§ 7.5. Види природного освітлення 251
§ 7.6. Джерела штучного освітлення 253
§ 7.7. Світильники 257
§ 7.8. Типи, види і системи штучного освітлення 259
§ 7.9. Розрахунок освітлення 262
§ 7.10. Індивідуальні засоби захисту зорового апарату 273
Контрольні запитання 274
Розділ 8. Захист від вібрації, шуму, інфра- та ультразвуків 276
§ 8.1. Стан шуму і вібрації на підприємствах 276
§ 8.2. Загальні відомості про інфра- та ультразвуки, шум і вібрацію 276
§ 8.3. Вплив шуму й вібрації на організм людини 281
§ 8.4. Нормування інфра- та ультразвуків, шуму й вібрації 283
§ 8.5. Джерела вібрації, шуму, інфра- та ультразвуків 287
§ 8.6. Методи і прилади контролю шуму й вібрації 290
§ 8.7. Рівні звукового тиску, що створюються устаткуванням 292
§ 8.8. Методи зниження рівня шуму 298
§ 8.9. Індивідуальні засоби захисту 304
§ 8.10. Розрахунок рівнів звукового тиску шуму в приміщеннях 305
Контрольні запитання 310
Частина IV. ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ПОЖЕЖНОЇ БЕЗПЕКИ НА ПІДПРИЄМСТВІ ... 311
Розділ 9. Оцінка пожежної безпеки 312
§ 9.1. Стан пожежної безпеки 312
§ 9.2. Теоретичні основи горіння 315
§ 9.3. Види горіння 317
§ 9.4. Способи гасіння пожеж 323

§ 9.5. Класифікація промислових приміщень і будівель за пожежонебезпечністю 328
§ 9.6. Класифікація пожеж 330
§ 9.7. Класифікація будматеріалів за горючістю 331
§ 9.8. Класифікація приміщень за вибухо- і пожежонебезпечністю 333
§ 9.9. Класифікація будівель і споруд за вогнестійкістю 335
Контрольні запитання 338
Розділ 10. Технічні засоби та організація боротьби з пожежами 339
§ 10.1. Протипожежне водопостачання 339
§ 10.2. Автоматичні установки пожежогасіння 341
§ 10.3. Установки пожежогасіння 344
§ 10.4. Системи піногасіння пожеж у резервуарах нафтопродуктів 345
§ 10.5. Первинні засоби гасіння пожеж 347
§ 10.6. Пожежний зв'язок і сигналізація 351
§ 10.7. Організація пожежної охорони 353
Контрольні запитання 360
Частина V. СТВОРЕННЯ БЕЗПЕЧНИХ УМОВ РОБОТИ НА ПЕРСОНАЛЬНИХ КОМП'ЮТЕРАХ 361
Розділ 11. Оцінка впливу електромагнітних полів на користувача ПК 362
§ 11.1. Умови праці при роботі з комп'ютерами 362
§ 11.2. Джерела електромагнітного випромінювання 367
§ 11.3. Вплив електромагнітних полів на здоров'я користувача комп'ютера .. 372
§ 11.4. Санітарні норми й стандарти безпеки електромагнітного випромінювання 377
§ 11.5. Засоби захисту користувачів ПК від електромагнітних полів 380
Контрольні запитання 385
Розділ 12. Вимоги охорони праці до офісних приміщень і розміщення в них ПК ... 386
§ 12.1. Загальні вимоги 386
§ 12.2. Санітарно-гігієнічні вимоги 387
§ 12.3. Вимоги до освітлення 387
§ 12.4. Вимоги до рівнів шуму й вібрації 389
§ 12.5. Вимоги до вентиляції, опалення й кондиціонування 390
§ 12.6. Вимоги до рівня неіонізуючого електромагнітного випромінювання, електростатичних і магнітних полів 391
§ 12.7. Вимоги до електробезпеки 391
§ 12.8. Вимоги до устаткування 392
§ 12.9. Вимоги до організації робочого місця користувача ПК 393
§ 12.10.Режим праці та відпочинку 395
§ 12.11.Вимоги до виробничого персоналу 397
Контрольні запитання 398
Список використаної літератури 399
Додатки 402

ВСТУП

...Кожен має право на належні, безпечні і здорові умови праці...
Конституція України (стаття 43)
Прийнята на п'ятій сесії
Верховної Ради України
28 червня 1996 року

Конституція України гарантує всім працівникам право на безпечні умови праці. Створення таких умов і є завданням охорони праці. На основі результатів досліджень з охорони праці розробляються законодавчі й нормативні акти; встановлюються параметри безпечних умов праці; проводяться організаційні й технічні заходи, що забезпечують досягнення цих параметрів.

Однак практика показує, що умови праці далеко не завжди відповідають чинному законодавству. Унаслідок цих порушень, незважаючи на величезні витрати на охорону праці, імовірність травмування й інших ушкоджень організму працівника на підприємствах України вища, ніж у промислово розвинутих країнах. За статистикою, в Україні щодня на виробництві травмується близько ста осіб, з них 10 % стають інвалідами і майже 2 % гинуть. Звідси — особлива увага з боку держави до питань охорони праці.

Охорона праці — це система законодавчих актів і відповідних соціально-економічних, організаційно-технічних, санітарно-гігієнічних, лікувально-профілактичних та інших заходів і засобів, що забезпечують безпеку, збереження здоров'я і працездатності працівника в процесі праці.

Розробляючи ці заходи, використовують не тільки результати спеціальних досліджень з охорони праці, а й результати досліджень в галузях гідромеханіки, акустики, ергономіки, фізіології праці, оптики та інших наук.

Умови праці на кожному робочому місці формуються в процесі виробничої діяльності під впливом взаємопов'язаних факторів соціально-економічного, організаційно-технічного й природничо-природного характеру. Вони впливають не тільки на здоров'я і працездатність працівника, а й на його ставлення до праці, на її продуктивність, а отже, і на економічні показники виробництва.

Роль управління охороною праці вперше глибоко дослідила група вчених Інституту економіки промисловості Академії наук України в 1982 р. Вони запропонували трактувати ***управління охороною праці*** як комплекс робіт з розробки, узгодження й затвердження законодавчих актів, розробки відповідних організаційно-технічних заходів, контролю за їх впровадженням й ефективністю з метою створення таких умов праці на кожному робочому місці, за яких хворобливі залишкові змін в організмі працівника зводилися б до заздалегідь заданого мінімуму, до заздалегідь заданої працездатності й продуктивності праці. Це б дало змогу розраховувати ефективність запроваджуваних заходів ще в процесі проектування.

Відповідно до вищевикладеного курс управління охороною праці поділяється на кілька взаємопов'язаних частин:

1) законодавство з охорони праці;
2) техніка безпеки;
3) виробнича санітарія і гігієна праці;
4) пожежна безпека.

Законодавство з охорони праці — система взаємопов'язаних законодавчих актів, правил, норм, інструкцій та інших документів, спрямованих на створення безпечних умов праці. Воно також визначає розподіл обов'язків між фахівцями, які беруть участь у вирішенні цієї проблеми.

Техніка безпеки — комплекс організаційно-технічних, лікувально-профілактичних та інших заходів, що знижують вплив небезпечних виробничих факторів на працівників й унеможливлюють травматизм на виробництві.

Залежно від змісту техніка безпеки поділяється на дві складові:

- загальні питання техніки безпеки;
- правила техніки безпеки при обслуговуванні машин, устаткування, технологічних процесах тощо.

Загальні питання техніки безпеки стосуються низки підприємств, галузей народного господарства, країни в цілому. Ідеться про навчання з охорони праці, забезпечення норм освітлення, електробезпечності тощо. Правила техніки безпеки при обслуговуванні машин, устаткування, технологічних процесах стосуються лише конкретного виду виробництва і тому повинні вивчатися в курсах, де викладаються технологічні процеси. Через велику різноманітність процесів, з метою ква-

ліфікованого викладання лекції повинні читати викладачі тих кафедр, де вивчається даний технологічний процес.

Виробнича санітарія і гігієна праці — це система законодавчих актів, які унеможливлюють вплив на організм людини шкідливих виробничих факторів. Під останніми розуміють отруйні гази, пари, пил, різне випромінювання тощо.

Пожежна безпека — це комплекс заходів, спрямованих на попередження виникнення пожеж, а у випадку їх виникнення — своєчасне виявлення, обмеження поширення й ліквідацію в найкоротший строк і за мінімальних витрат. Основну увагу слід приділяти попередженню пожеж та їх своєчасному виявленню.

Відповідно до виконуваних функцій усі працівники, що беруть участь у вирішенні проблеми забезпечення безпечних умов праці, поділяються на дві групи: *адміністративно-управлінський персонал і фахівці.*

Перша група об'єднує фахівців, завданням яких є створення системи нормативних актів (їх розробка, узгодження, затвердження, перегляд тощо); розподіл функцій між окремими органами з розробки нормативної документації (правил, інструкцій, положень тощо); розподіл науково-дослідних робіт з розробки інженерно-технічних заходів, що забезпечують досягнення й утримання параметрів умов праці в допустимих межах у процесі експлуатації машин, устаткування, під час технологічних процесів, організацію контролю за дотриманням нормативних актів, розробку нормативної документації, що регламентує відповідальність за порушення законодавчих актів з охорони праці. До цієї групи належать апарат Президента, народні депутати України, відповідальні працівники Кабінету Міністрів, міністерств, відділів місцевих органів управління, керівники підприємств, тобто працівники органів, що видають нормативні акти і здійснюють контроль за їх виконанням.

Друга група — це фахівці, що проводять науково-дослідні роботи з розробки методик розрахунків, допустимих параметрів умов праці; розробку й реалізацію науково-технічних, санітарно-гігієнічних та інших заходів та їх упровадження безпосередньо на робочих місцях. Це співробітники проектних і будівельних організацій, інженерно-технічні працівники підприємств, що безпосередньо беруть участь у розробці й впровадженні заходів зі створення безпечних умов праці.

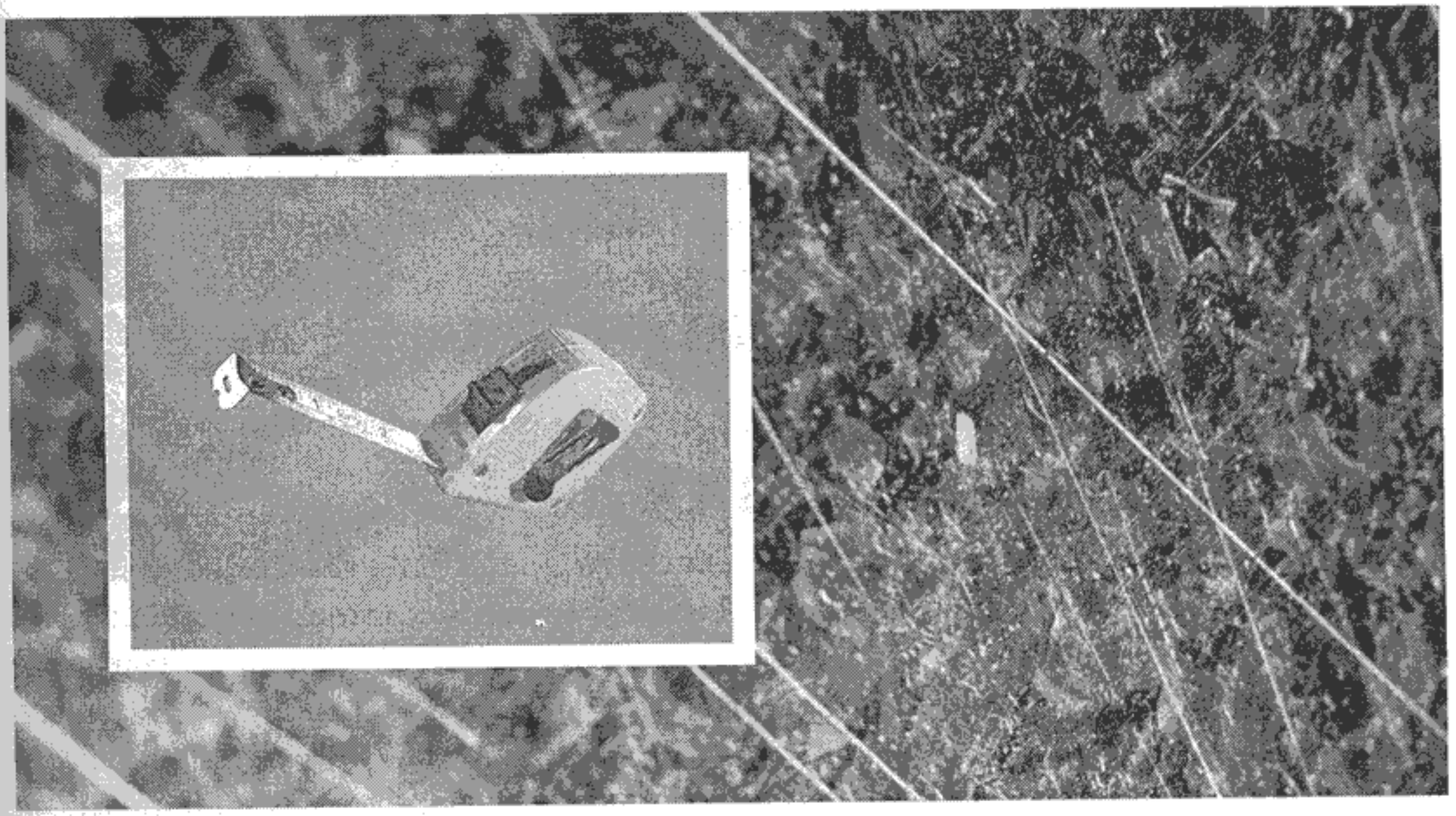
Типовий розподіл обов'язків між фахівцями обох груп наведено далі в тексті навчального посібника. Зрозуміло, що кожен керівник робіт може уточнювати цей розподіл обов'язків залежно від конкретних умов.

В окремий блок (розд. 11, 12) навчального посібника виділено ***інформацію про вплив сучасних засобів комп'ютерної техніки*** (зокрема, ***персональних комп'ютерів***) ***на людину***. При цьому аналізуються джерела електромагнітного випромінювання й методи зниження їх впливу на працівників в офісах підприємств

та організацій; наводяться вимоги до офісних приміщень і розміщення в них комп'ютерів; даються рекомендації з безпечної, з погляду охорони праці, роботи на комп'ютері. Ці розділи підготували автори разом з кандидатом технічних наук, доцентом С. М. Литваком.

Матеріали навчального посібника призначено для студентів вищих навчальних закладів і слухачів системи підвищення кваліфікації, що вивчають курси «Охорона праці», «Основи безпеки життєдіяльності» тощо.

Автори висловлюють щиру подяку заслуженому працівнику освіти України Нагорному М. О., генерал-майору Служби цивільного захисту Поступальському М. І. і професору Рижкову С. С. за неоціненну допомогу й рекомендації з удосконалення навчального посібника.



Частина І

ЗАКОНОДАВЧЕ ТА ОРГАНІЗАЦІЙНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ УПРАВЛІННЯ ОХОРОНОЮ ПРАЦІ

Розділ 1
ОРГАНІЗАЦІЯ РОБОТИ З ОХОРОНИ ПРАЦІ НА ПІДПРИЄМСТВАХ

§ 1.1. Роль учених у вирішенні питань охорони праці

Арістотель ще за 400–300 років до н. е. звернув увагу на вплив навколишнього середовища на здоров'я працюючих. У цей же час *Гіппократ* почав вивчати вплив пилу на здоров'я рудокопів. Безперечно, це були роботи вчених-одинаків, що в умовах надлишку безплатної робочої сили (рабів) не були зумовлені суспільною необхідністю.

Тільки в другій половині XVII століття почалося більш глибоке, систематичне вивчення впливу умов праці на здоров'я робітників, і то лише з окремих питань. Так, *Бернардино Ламацині* дослідив питання фізіологічних змін, що виникають в осіб різних професій, і в 1700 р. видав книгу «Міркування про хвороби ремісників».

Уперше у світі на наукову основу питання охорони праці поставив найвизначніший російський учений *М. В. Ломоносов*. Він ще в 1762 р. у своїй роботі «Перші основи металургії і рудних справ» розглянув не тільки вплив шкідливих виробничих факторів на здоров'я робітників, а й розробив теоретичні основи природної вентиляції шахт. Виклав практичні рекомендації з її здійснення, зниження концентрації пилу й газів під час підземної розробки корисних копалин. Щоб захистити людей і споруди від ураження блискавкою, він не тільки запропонував блискавковідводи, а й розробив рекомендації з їх практичного застосування. М. В. Ломоносов вирішив також цілу низку інших питань охорони праці.

Професор *В. Л. Кірпічов* у 1882 р. на з'їзді Російського технічного товариства зробив доповідь, у якій виклав результати досліджень техніки безпеки в машинобудуванні, а в 1887 р. видав книгу «Курс гігієни».

Заслуговують на серйозну увагу результати досліджень *Ф. Ф. Ерісмана* в галузі гігієни праці, викладені в його роботах «Професійна гігієна фізичної і розумової праці» (1887 р.), «Курс гігієни» (1897 р.) і 19-томному «Виданні матеріалів з дослідження фабрик і заводів Московської губернії».

У 1901 р. *І. М. Сєченов* у роботі «Нариси робітничих рухів» науково обґрунтував з погляду фізіології праці 8-годинну тривалість робочого дня.

О. В. Погожин у 1902 р. вперше у світі започаткував видання журналу «Промисловість і здоров'я».

Великі зусилля російських учених у вирішенні питань охорони праці й піднесення боротьби робітників у Росії змусили царський уряд поставити на правову основу взаємовідносини між роботодавцями (фабрикантами й власниками заводів) та робітниками. До 1886 р. було видано тільки один закон — «Статут про промисловість». Однак цей закон був настільки недосконалим, що фактично захищав тільки фабрикантів. Під натиском робітничого руху царський уряд змушений був переглянути цей закон і видати в 1886 р. новий, що називався «Закон про штрафи, що стягуються з робітників на фабриках і заводах».

Великий внесок у правові питання охорони праці належить *В. І. Леніну.* Здавши в 1891 р. екстерном іспити юридичного факультету при Петербурзькому університеті і працюючи з 1892 р. помічником присяжного, він відразу зіткнувся із цим законом і можливістю неоднозначного його трактування в юридичній практиці. Використовуючи досвід застосування цього закону в судових розглядах, В. І. Ленін у 1897 р. написав статтю «Пояснення закону про штрафи, що стягуються з робітників на фабриках і заводах», у якій глибоко проаналізував цей документ і показав, як він допомагає фабрикантам грабувати робітників, перетворює на норму існуюче їхнє безправ'я.

Пізніше з-під пера В. І. Леніна вийшли такі роботи, як «Новий фабричний закон», «Проект програми нашої партії», «Заробітки робітників і прибуток капіталістів у Росії», «Робочий день у Московській губернії», «Робочий день на фабриках Московської губернії» та ін. Усього В. І. Ленін написав з питань охорони праці близько 30 робіт.

Ленін уважно стежив за досягненнями науки й техніки в галузі охорони праці. Так, на початку XIX ст. відомий англійський учений *Вільям Рамсей* відкрив та опублікував спосіб безпосереднього видобування газу з кам'яновугільних пластів. Ознайомившись із цими дослідженнями, В. І. Ленін у 1913 р. у роботі «Одна з великих перемог техніки» писав: «Електрифікація усіх фабрик і залізниць зробить умови праці більш гігієнічними, вирятує мільйони робітників від диму, пилу й бруду, прискорить перетворення брудних огидних майстерень на чисті, світлі, гідні людини лабораторії» (ПСС, вид. 5-е, т. 23, с. 94).

Ідеї, викладені в цих роботах, лягли в основу принципово нового законодавства, розробленого після Жовтневої революції. Усі закони з охорони праці, прийняті з листопада 1917 р. і по листопад 1918 р., у грудні 1918 р. було видано у вигляді окремої збірки, відомої як Кодекс законів про працю (рос. Кодекс законов о труде, КЗоТ). Цей документ встановлював принципово нові взаємовідносини між роботодавцями й працівниками.

Необхідність удосконалення законодавчих актів і розробки принципово нових технічних рішень вимагали нового наукового підходу до вирішення проблем охорони праці. Для цього необхідно було підготувати висококваліфіковані наукові кадри. Незважаючи на страшну відсталість царської Росії, до того ж іще зруйнованої війною, що тривала протягом 7 років, уже в перші роки відновлення народного господарства (1920–1930 рр.) уперше у світі в нашій країні практично щорічно організовувалися інститути з охорони праці:

1922 р. — Казанський всесоюзний науково-дослідний інститут охорони праці;

1923 р. — Інститут гігієни праці і профзахворювань АМН СРСР і Харківський науково-дослідний інститут гігієни праці і профзахворювань;

1924 р. — Ленінградський науково-дослідний інститут гігієни праці і профзахворювань;

1925 р. — Московський центральний науково-дослідний інститут охорони праці;

1927 р. — Грузинський науково-дослідний інститут охорони праці і профзахворювань і Горьківський науково-дослідний інститут гігієни праці і профзахворювань;

1928 р. — Тбіліський науково-дослідний інститут охорони праці.

Уряд країни і надалі приділяв багато уваги охороні праці. Так, уже в 1970 р. роботи з охорони праці проводили 6 інститутів охорони праці ВЦРПС, 9 спеціалізованих галузевих інститутів, 5 інститутів гігієни праці і профзахворювань, 16 лабораторій і відділів санітарно-гігієнічних наукових установ системи охорони здоров'я, 137 лабораторій науково-дослідних галузевих інститутів, 219 кафедр вищих навчальних закладів. У наукових розробках з охорони праці брали участь понад 12 000 фахівців. Серед них — 150 докторів і 1300 кандидатів технічних наук.

Велика увага вивченню впливу шкідливих і небезпечних факторів на працюючих приділялася в працях радянських учених Л. І. Медведя, І. В. Соколова-Петрянова, Н. Д. Золотницького, М. А. Стрельчука, П. А. Доліна та ін.

Фундаментальні й прикладні проблеми охорони праці та ідентифікації професійної небезпеки розглядаються в роботах академіка Є. О. Патона, професорів К. М. Ткачука, Г. Г. Гогіташвілі та ін.

Великий внесок у розвиток охорони праці зробила Міжнародна організація праці (МОП) — одна з найстаріших міжнародних організацій, створена ще в 1919 р.

Спочатку вона розвивалася як автономна інституція при Лізі Націй, а з 1946 р. — як перша спеціалізована установа Організації Об'єднаних Націй.

Основні напрями діяльності МОП такі:

- участь у міжнародно-правовому регулюванні праці шляхом розробки й затвердження нормативних актів (конвенцій і рекомендацій) з питань умов праці й життя працівників;
- розробка і впровадження міжнародних цільових програм, спрямованих на вирішення важливих соціально-трудових проблем (зайнятість, умови праці тощо);
- надання допомоги державам-членам МОП в удосконаленні національного трудового законодавства й професійно-технічної підготовки працівників, поліпшенні умов праці шляхом реалізації міжнародних програм технічного співробітництва, проведенні дослідницьких робіт і видавничій діяльності.

МОП прийняла більш як 180 конвенцій і близько 190 рекомендацій з різних соціально-трудових проблем. На цей час Україна ратифікувала 50 конвенцій МОП, серед яких — важливі нормативні акти, що стосуються фундаментальних прав людини й охорони праці.

Налагоджено співробітництво в галузі охорони праці з Європейським союзом. Так, у рамках програми TASIS проводяться роботи над проектом «Сприяння в забезпеченні охорони праці в Україні (з метою підвищення рівня ефективності)». Основні напрямки цього проекту включають удосконалення нормативної бази в галузі охорони праці; створення інформаційного центру агітації і пропаганди з питань охорони праці; розробку на підприємствах механізму економічних розрахунків, спрямованих на створення безпечних і здорових умов праці.

Відповідно до Угоди про співробітництво в галузі охорони праці фахівці України разом з фахівцями інших держав СНД проводять спільну роботу з удосконалення системи стандартів безпеки праці, розробки й узгодження нормативної бази з охорони праці в країнах СНД.

В Україні ухвалена й реалізується Національна програма поліпшення стану безпеки, гігієни праці і виробничого середовища на 2001–2005 рр., затверджена Кабінетом Міністрів 10.10.2001 р. (наказ № 1320). На її основі розроблено регіональні програми поліпшення стану охорони праці.

22.10.2001 р. згідно з наказом Міністерства праці України № 432, була затверджена й почала впроваджуватися в життя Концепція управління охороною праці, у якій визначено шляхи реформування управління охороною праці в Україні.

На цей час в Україні дослідження з поліпшення умов праці на промислових підприємствах проводяться в таких установах:

1) Національному науково-дослідному інституті охорони праці;

2) Державному науково-дослідному інституті техніки безпеки хімічного виробництва;
3) Інституті медицини праці;
4) Українському науково-дослідному інституті пожежної безпеки;
5) Харківському науково-дослідному інституті гігієни праці і профзахворювань;
6) відділах галузевих науково-дослідних інститутів, проектно-конструкторських інститутів і на кафедрах навчальних інститутів.

§ 1.2. Основні види інформації з охорони праці

Керівнику будь-якого виробничого підрозділу (підприємства, цеху, відділу, лабораторії тощо) для прийняття рішення необхідна інформація. За своїм призначенням вона поділяється на дві групи: *інформативну* й *нормативну*. Порівнюючи ці види інформації, керівник приймає рішення. Наприклад, студенти поскаржилися ректору інституту, що в аудиторії погана освітленість. Щоб вирішити цю проблему, ректор дає вказівку відділу охорони праці інституту виміряти освітленість в аудиторії. Після цього він порівнює реальну освітленість із встановленою в нормативних актах і приймає рішення про необхідність збільшення освітленості. Для цього ректор доручає відділу охорони праці зробити розрахунки такої системи освітлення, яка б забезпечила необхідну згідно з нормами освітленість.

Інформативна інформація відображає реальну обстановку праці: рівень звукового тиску, освітленість, концентрацію пилу тощо. Джерелами такої інформації є дані вимірювань параметрів умов праці, які проводять фахівці центральної, заводської чи інших лабораторій, акти перевірок різних комісій, розпорядження державних і громадських органів нагляду тощо.

Нормативна інформація — це норми й правила охорони здоров'я людини на виробництві. За значенням цю інформацію можна поділити на такі групи.

Перша група — засадні документи. Це закони, постанови уряду та інші документи, затверджені на рівні органів влади. У цих документах викладено загальні вимоги до умов праці, що відображають державну політику в галузі охорони праці. Основним документом цієї групи є *Конституція України*. Вона встановлює принципові положення щодо охорони праці. Так, ст. 43 гарантує всім безпечні і здорові умови праці, забороняє використовувати працю жінок і підлітків в умовах підвищеної небезпеки тощо.

На базі основних положень Конституції України розроблено *Закон України «Про охорону праці»*. Закон визначає основні положення щодо реалізації конституційного права працівників на охорону їхнього життя й здоров'я в процесі тру-

дової діяльності, на належні, безпечні й здорові умови праці, регулює за участю відповідних органів державної влади відносини між роботодавцем і працівником з питань безпеки, гігієни праці й виробничого середовища і встановлює єдиний порядок організації охорони праці в Україні. Дія чинного Закону поширюється на всіх юридичних і фізичних осіб, які відповідно до законодавства використовують найману працю, і на всіх працюючих.

Закон чітко розмежовує права роботодавця і працівника.

Роботодавець — власник підприємства, установи, організації або уповноважений ним орган, незалежно від форми власності, виду діяльності, господарювання, або фізична особа, що використовує найману працю.

Працівник — особа, що працює на підприємстві, в організації, установі й виконує обов'язки чи функції згідно з трудовим договором.

Закон встановлює для працівників гарантії на створення роботодавцем безпечних умов праці: у разі нещасних випадків або інших ушкоджень організму працівника в процесі праці на виробництві передбачає відшкодування роботодавцем матеріальних і моральних збитків; встановлює пільги для працівників з важкими умовами праці та з умовами підвищеної небезпеки, а також для жінок, неповнолітніх тощо; визначає принципи організації управління охороною праці на виробництві, права та обов'язки роботодавця, державного нагляду за дотриманням норм охорони праці, відповідальності за порушення норм охорони праці й інші принципові питання.

На основі Конституції України і Закону «Про охорону праці» Кабінет Міністрів розробляє і видає більш конкретні *положення з окремих проблем охорони праці*. Наприклад, «Положення про порядок розслідування і ведення обліку нещасних випадків, професійних захворювань та аварій на виробництві».

Друга група — це державні нормативні акти України про охорону праці (ДНАОП).

Вони охоплюють правила, положення, норми, інструкції й інші документи, обов'язкові для виконання. Залежно від сфери дії вони поділяються на *міжгалузеві* й *галузеві*.

Міжгалузеві ДНАОП поширюються на всі підприємства, установи, організації народного господарства України незалежно від їх відомчої приналежності і форм власності. Їх скорочена назва має такий вигляд: спочатку записується скорочена назва акта — ДНАОП, потім — одна цифра, а після крапки — ще дві. Це група документів, що визначає належність до державного органу, наприклад, 0.00 — Держнаглядохоронпраці. Через дефіс записується ще одна цифра, що позначає вид документа: 1 — правила, 3 — норми, 4 — положення, статути, 5 — інструкції, керівництва, вказівки. Потім через крапку ставиться порядковий номер документа в межах даного виду. Останні дві цифри записуються через дефіс і по-

значають рік ухвалення документа. Наприклад, ДНАОП 0.00-1.07-94 — «Правила будови і безпечної експлуатації посудин, що працюють під тиском».

На основі міжгалузевих ДНАОП розробляються *галузеві*. Вони враховують специфіку даної галузі, і їх дія поширюється на підприємства, установи й організації незалежно від форм власності в межах даної галузі. Їх кодування таке ж, як і в міжгалузевих, за винятком того, що для позначення групи документів передбачається чотири цифри.

На базі ДНАОП власники підприємств, установ, організацій (далі — підприємств) розробляють і затверджують з урахуванням специфіки підприємства власні положення, інструкції й інші нормативні документи про охорону праці, що діють тільки в межах даного підприємства. Згідно з рекомендаціями Держнаглядохоронпраці до *основних нормативних актів підприємства* слід віднести такі:

1) Положення про систему управління охороною праці на підприємстві;
2) Положення про службу охорони праці підприємства;
3) Положення про комісії з питань охорони праці підприємства;
4) Положення про роботу уповноважених трудових колективів з питань охорони праці;
5) Положення про навчання, інструктаж і перевірку знань працівників з питань охорони праці;
6) Наказ про порядок атестації робочих місць на їх відповідність нормативним актам про охорону праці тощо.

Третя група — система стандартів України. Вона поділяється на п'ять категорій:

- державні стандарти України (ДСТУ);
- галузеві стандарти України (ГСТУ);
- стандарти науково-технічних і інженерних товариств і союзів України (СТТУ);
- технічні умови України (ТУУ);
- стандарти підприємства (СТП).

Відповідно до ДСТУ 1.5 шифр *державного стандарту України* складається з індексу (ДСТУ), реєстраційного номера, присвоєного йому при реєстрації, і відділених рискою двох цифр — року реєстрації. Наприклад, ДСТУ 2293-93. «Охорона праці. Терміни і визначення», ДСТУ 2325-93. «Шум. Терміни і визначення».

Державні стандарти містять обов'язкові й рекомендаційні вимоги. Усі підприємства на території України незалежно від форм власності зобов'язані дотримуватися вимог державних стандартів. Рекомендаційні вимоги є обов'язковими для виконання тільки у випадку спеціального застереження.

Державні стандарти встановлюють параметри умов праці відповідно до соціального й науково-технічного рівня розвитку суспільства. Їх зобов'язані дотримуватися всі підприємства, установи й організації на території України.

Відповідно до вимог ДСТУ розробляються *галузеві стандарти.* Їхній шифр складається з індексу (ГСТУ), умовного позначення міністерства і двох цифр — року ухвалення. Зважаючи на специфіку галузі, вони можуть встановлювати дещо інші параметри мікроклімату на робочих місцях і в приміщеннях. Галузеві стандарти є чинними тільки на підприємствах даної галузі.

Враховуючи специфіку підприємства, у необхідних випадках на базі ДСТУ, ГСТУ й інших нормативних документів розробляються *стандарти підприємства* (СТП). Їхній шифр складається з індексу (СТП), реєстраційного номера, що встановлюється на підприємстві, і двох останніх цифр — року затвердження.

Четверта група — це так звані міждержавні стандарти, що являють собою Систему стандартів з безпеки праці (рос. Систему стандартов по безопасности труда, ССБТ) колишнього СРСР. ССБТ включає державні (рос. государственные, ГОСТ), республіканські (РСТ), галузеві (рос. отраслевые, ОСТ) стандарти тощо. Згідно з договором між країнами СНД ГОСТи використовуються на території України як міждержавні стандарти, інші ж стандарти системи використовуватимуться тільки до їх перегляду:

1) ГОСТ 1.0-85 «Государственная система стандартизации. Основные положения» (укр. «Державна система стандартизації. Основні положення») визначає, що одним з напрямків роботи в галузі стандартизації є встановлення відповідних вимог до продукції, її розробки, виробництва й застосування з обов'язковим врахуванням вимог щодо охорони навколишнього середовища, дотримання правил безпеки праці, охорони здоров'я населення тощо. Тому у всіх документах на устаткування й технологічні процеси, у конструкторській і технологічній документації обов'язково повинен бути розділ з охорони праці;
2) ГОСТ 15.001-88 «Разработка и поставка продукции на производство. Основные положения» (укр. «Розробка і постачання продукції на виробництво. Основні положення») встановлює порядок розробки й затвердження технічних завдань і дотримання при цьому правил безпеки праці;
3) ГОСТ 2.118-73 «ЕСКД. Техническое предложение» (укр. «Технічна пропозиція») і ГОСТ 2.119-73 «ЕСКД. Эскизный проект» (укр. «Ескізний проект») вимагають на стадіях розробки технічної пропозиції й ескізного проекту перевірки відповідності запропонованих варіантів вимогам техніки безпеки і виробничої санітарії. ГОСТ 2.601-68 «ЕСКД. Эксплуатационные документы» (укр. «Експлуатаційні документи») вимагає, щоб у всіх документах на експлуатацію устаткування, машин і механізмів був самостійний розділ з охорони праці.

Крім вимог з охорони праці, наведених у всіх стандартах на продукцію, що випускається, у системі стандартів є спеціальна група стандартів безпеки праці.

Вона називається «Система стандартів безпеки праці» (рос. «Система стандартов безопасности труда», ССБТ) і має шифр 12. ССБТ є комплексом взаємопов'язаних стандартів, що містять вимоги, норми й правила, спрямовані на забезпечення безпеки, збереження здоров'я і працездатності людини в процесі праці. Наприклад:

- ГОСТ 12.1.001-83 «ССБТ. Ультразвук. Загальні вимоги безпеки»;
- ГОСТ 12.2.010-75 «ССБТ. Машини ручні пневматичні. Загальні вимоги безпеки»;
- ГОСТ 12.4.001-80 «ССБТ. Окуляри захисні. Терміни і визначення» тощо.

До *п'ятої групи* нормативної документації належать санітарні й будівельні норми і правила із забезпечення безпеки експлуатації промислових приміщень і будівель. Основні нормативні документи цієї групи: «Санітарні норми проектування промислових підприємств» (СН-245-71), «Будівельні норми і правила. Природне і штучне освітлення» (рос. «Строительные нормы и правила. Естественное и искусственное освещение» СНиП П-4-79) та ін.

§ 1.3. Державне управління охороною праці

Державне управління охороною праці здійснюють:

1) Кабінет Міністрів України;
2) спеціально уповноважений центральний орган виконавчої влади з нагляду за охороною праці;
3) Міністерство й інші центральні органи виконавчої влади;
4) Рада Міністрів Автономної Республіки Крим;
5) місцеві державні адміністрації й органи місцевого самоврядування.

Кабінет Міністрів України:

- забезпечує реалізацію державної політики в галузі охорони праці;
- подає на затвердження до Верховної Ради України загальнодержавну програму поліпшення стану безпеки, гігієни праці й виробничого середовища;
- спрямовує і координує діяльність міністерств, інших центральних органів виконавчої влади по створенню безпечних і здорових умов праці й нагляду за охороною праці;
- встановлює єдину державну статистичну звітність з питань охорони праці. З метою координації діяльності органів державного управління охороною праці створено Національну раду з питань безпечної життєдіяльності населення, яку очолює віце-прем'єр-міністр України.

Міністерство і центральні органи виконавчої влади:

- здійснюють єдину науково-технічну політику в галузі охорони праці;

- розробляють і реалізують галузеві програми поліпшення стану безпеки, гігієни праці і виробничого середовища за участю профспілок;
- здійснюють методичне керівництво діяльністю підприємств галузі з охорони праці;
- укладають з відповідними галузевими профспілками угоди з питань поліпшення умов і безпеки праці;
- беруть участь у розробці й перегляді нормативно-правових актів про охорону праці;
- організовують навчання й перевірку знань з питань охорони праці, створюють при необхідності аварійно-рятувальні служби;
- здійснюють керівництво їхньою діяльністю;
- забезпечують виконання інших вимог законодавства, що регулює відносини у сфері рятувальної справи;
- здійснюють відомчий контроль за станом охорони праці на підприємствах галузі.

З метою координації, удосконалення роботи з охорони праці і контролю за цією роботою в міністерствах та інших центральних органах виконавчої влади створюються структурні підрозділи з охорони праці.

Спеціально уповноважений центральний орган виконавчої влади з питань праці і соціальної політики:

- забезпечує проведення державної експертизи умов праці із залученням служб санітарного епідеміологічного нагляду спеціально уповноваженого центрального органу виконавчої влади в галузі охорони здоров'я;
- визначає порядок і здійснює контроль за якістю проведення атестації робочих місць щодо їх відповідності нормативно-правовим актам з охорони праці.

Спеціально уповноважений центральний орган виконавчої влади з нагляду за охороною праці:

- здійснює комплексне управління охороною праці на державному рівні;
- реалізує державну політику в цій галузі і здійснює контроль за виконанням функцій державного управління охороною праці міністерствами, іншими центральними органами виконавчої влади, Радою Міністрів Автономної Республіки Крим, місцевими державними адміністраціями й органами місцевого самоврядування;
- розробляє за участю міністерств, інших центральних органів виконавчої влади, Фонду соціального страхування від нещасних випадків (далі — Фонду), всеукраїнських об'єднань роботодавців і профспілок загальнодержавну програму поліпшення стану безпеки, гігієни праці й виробничого середовища і контролює її виконання;
- здійснює нормотворчу діяльність, розробляє і затверджує правила, норми, положення, інструкції й інші нормативно-правові акти з охорони праці або зміни до них;

- координує роботу міністерств, інших органів виконавчої влади, Ради Міністрів Автономної Республіки Крим, місцевих державних адміністрацій, органів місцевого самоврядування, підприємств, інших суб'єктів підприємницької діяльності в галузі безпеки, гігієни праці й виробничого середовища;
- одержує безплатно від міністерств, інших центральних органів виконавчої влади, Ради Міністрів Автономної Республіки Крим, місцевих державних адміністрацій, органів статистики, підприємств, інших суб'єктів підприємницької діяльності зведення й інформацію, необхідні для виконання покладених на нього завдань;
- бере участь у міжнародному співробітництві й організації виконання міжнародних договорів, ратифікованих Верховною Радою України, з питань безпеки, гігієни праці й виробничого середовища;
- вивчає, узагальнює і поширює світовий досвід із цих питань, розробляє і подає у встановленому порядку пропозиції з удосконалення й поступового наближення чинного законодавства про охорону праці до відповідних міжнародних і європейських норм.

Рішення, ухвалені спеціально уповноваженим центральним органом виконавчої влади з нагляду за охороною праці в межах його компетенції, є обов'язковими для виконання всіма міністерствами, іншими центральними органами виконавчої влади, Радою Міністрів Автономної Республіки Крим, місцевими державними адміністраціями, органами місцевого самоврядування, юридичними і фізичними особами, що відповідно до законодавства використовують найману працю.

Рада Міністрів Автономної Республіки Крим, місцеві державні адміністрації в межах відповідних територій:

- забезпечують виконання законів і реалізацію державної політики в галузі охорони праці;
- формують за участю представників профспілок, Фонду соціального страхування від нещасних випадків і забезпечують виконання цільових регіональних програм поліпшення стану безпеки, гігієни праці й виробничого середовища, а також заходів щодо охорони праці в складі програм соціально-економічного й культурного розвитку регіонів;
- забезпечують соціальний захист найманих працівників, зокрема на роботах зі шкідливими й небезпечними умовами праці, вживають заходів до проведення атестації робочих місць на відповідність нормативно-правовим актам з охорони праці;
- вносять пропозиції щодо створення регіональних (комунальних) аварійно-рятувальних служб для обслуговування відповідних територій та об'єктів комунальної власності;

- здійснюють контроль за дотриманням суб'єктами підприємницької діяльності нормативно-правових актів про охорону праці

З метою виконання зазначених функцій у складі Ради Міністрів Автономної Республіки Крим, місцевих державних адміністрацій створюються структурні підрозділи з охорони праці, що діють відповідно до типового положення, затвердженого Кабінетом Міністрів України, а також — на громадських засадах — ради з питань безпечної життєдіяльності населення.

Органи місцевого самоврядування в межах своєї компетенції:

- затверджують цільові регіональні програми поліпшення стану безпеки, умов праці й виробничого середовища, а також заходи щодо охорони праці в складі програм соціально-економічного й культурного розвитку регіонів;
- ухвалюють рішення про створення комунальних аварійно-рятувальних служб для обслуговування відповідних територій та об'єктів комунальної власності.

Виконавчі органи сільських, селищних, міських рад забезпечують належний зміст, ефективну й безпечну експлуатацію об'єктів житлово-комунального господарства, побутового, торговельного обслуговування, транспорту і зв'язку, що перебувають у комунальній власності відповідних територіальних громад, дотримання вимог з охорони праці працівниками цих об'єктів.

Повноваження в галузі охорони праці асоціацій, корпорацій, концернів та інших об'єднань визначаються їхніми статутами або угодами між підприємствами, що створили об'єднання. Щоб забезпечити успішне виконання делегованих об'єднаннями функцій, у їхніх апаратах створюються служби охорони праці.

§ 1.4. Обов'язки адміністрації підприємств із охорони праці

Роботодавець зобов'язаний створити на робочому місці в кожному структурному підрозділі умови праці відповідно до нормативно-правових актів, а також забезпечити дотримання вимог законодавства про права працівників в галузі охорони праці.

З цією метою роботодавець забезпечує функціонування системи управління охороною праці, а саме:

- створює відповідні служби й призначає посадових осіб, що забезпечують вирішення конкретних питань охорони праці, затверджує інструкції про їхні обов'язки, права й відповідальність за виконання покладених на них функцій, а також контролює їх дотримання;

- розробляє за участю сторін колективного договору й реалізує комплексні заходи для досягнення встановлених нормативів і постійного підвищення рівня охорони праці;
- забезпечує виконання необхідних профілактичних заходів відповідно до обставин, що змінюються;
- впроваджує прогресивні технології, досягнення науки й техніки, засоби механізації та автоматизації виробництва, вимоги ергономіки, позитивний досвід з охорони праці тощо;
- забезпечує належне утримання будівель і споруд, виробничого устаткування, моніторинг за їх технічним станом;
- забезпечує усунення причин, що викликають нещасні випадки, професійні захворювання, і здійснення профілактичних заходів, визначених комісіями за підсумками розслідування цих причин;
- організовує проведення аудиту охорони праці, лабораторних досліджень умов праці, оцінку технічного стану виробничого устаткування, атестації робочих місць на відповідність нормативно-правовим актам з охорони праці в порядку і строки, обумовлені законодавством, і за їх підсумками вживає заходи щодо усунення небезпечних і шкідливих для здоров'я виробничих факторів;
- розробляє і затверджує положення, інструкції, інші акти з охорони праці, що діють у межах підприємства (далі — акти підприємства) і встановлюють правила виконання робіт і поводження працівників на території підприємства, у виробничих приміщеннях, на будівельних майданчиках, робочих місцях відповідно до нормативно-правових актів з охорони праці, забезпечує безплатно працівників нормативно-правовими актами й актами підприємства з охорони праці;
- здійснює контроль за дотриманням працівниками технологічних процесів, правил експлуатації машин, механізмів, устаткування та інших засобів виробництва, використанням засобів колективного й індивідуального захисту, виконанням робіт відповідно до вимог з охорони праці;
- організовує пропаганду безпечних методів праці й співробітництво з працівниками в галузі охорони праці.

Роботодавець несе безпосередню відповідальність за порушення зазначених вимог.

За безпеку праці на робочих місцях відповідає безпосередній керівник трудового колективу: майстер, начальник цеху, відділу, лабораторії тощо. Завдання керівника — забезпечити безпеку праці, тобто навчити працівника безпечних прийомів праці, озброїти знанням вимог щодо норм охорони праці, забезпечити справним устаткуванням і спецодягом, інструментом тощо.

Основний обсяг робіт з охорони праці виконує служба охорони праці підприємства. Відповідно до «Типового положення про службу охорони праці» (ДНАОП 0.00-4.21-93), якщо кількість працівників на підприємстві сягає 50 і більше осіб, роботодавець створює службу охорони праці. На підприємстві з кількістю працівників менше 50 осіб функції служби охорони праці можуть виконувати в порядку сумісництва особи, що мають відповідну підготовку. На підприємстві з кількістю працівників до 20 осіб для виконання функцій служби охорони праці можуть залучатися сторонні фахівці на договірних засадах, що мають відповідну підготовку.

Служба охорони праці підпорядковується безпосередньо роботодавцю.

Керівники й фахівці служби охорони праці за своєю посадою і заробітною платою прирівнюються до керівників і фахівців основних виробничо-технічних служб.

Фахівці служби охорони праці у випадку виявлення порушень охорони праці мають право:

- давати керівникам структурних підрозділів підприємства обов'язкові для виконання розпорядження по усуненню наявних недоліків, одержувати від них необхідні відомості, документацію і пояснення з питань охорони праці;
- вимагати відсторонення від роботи осіб, які не пройшли передбачених законодавством медичного огляду, навчання, інструктажу, перевірки знань і не мають допуску до відповідних робіт або які не виконують вимоги нормативно-правових актів з охорони праці;
- припиняти роботу виробництва, ділянки, машин, механізмів, устаткування й інших засобів виробництва у випадку порушень, що створюють загрозу для життя чи здоров'я працюючих;
- направляти роботодавцю подання про притягнення до відповідальності працівників, які порушують вимоги з охорони праці.

Розпорядження фахівця з охорони праці може скасувати лише роботодавець.

Ліквідація служби охорони праці допускається тільки у випадку ліквідації підприємства або припинення використання найманої праці фізичною особою.

Служби охорони праці:

- сприяють впровадженню у виробництво досягнень науки й техніки, у тому числі ергономіки і прогресивних технологій, сучасних засобів колективного та індивідуального захисту працюючих, захисту населення й навколишнього середовища;
- розглядають листи, заяви й скарги працівників з питань охорони праці;
- надають методичну допомогу керівникам структурних підрозділів підприємства в розробці заходів, пов'язаних з питаннями охорони праці;
- готують проекти наказів і розпоряджень з питань охорони праці, обов'язкові для всього підприємства;

- забезпечують працівників правилами, стандартами, нормами, положеннями, інструкціями та іншими нормативними актами з охорони праці; паспортизацію цехів, ділянок, робочих місць на відповідність їх вимогам охорони праці; облік, аналіз нещасних випадків, професійних захворювань та аварій, а також збитки внаслідок цих подій; підготовку статистичних звітів підприємства з питань охорони праці; розробку перспективних і поточних планів роботи підприємства зі створення безпечних і нешкідливих умов праці; роботу методичного кабінету охорони праці, пропаганду безпечних і нешкідливих умов праці шляхом проведення консультацій, оглядів, конкурсів, бесід, лекцій, поширення засобів наочної агітації, оформлення інформаційних стендів; допомогу комісії з питань охорони праці підприємства в опрацюванні необхідних матеріалів і реалізації її рекомендацій; підвищення кваліфікації і перевірку знань посадових осіб з питань охорони праці;
- беруть участь у розслідуванні нещасних випадків та аварій; формуванні фонду охорони праці підприємства й розподілі його коштів; роботі комісії з питань охорони праці підприємства; роботі комісії з введення в експлуатацію об'єктів виробничого й соціального призначення завершеного будівництва, після реконструкції або технічного переозброєння, відремонтованого чи модернізованого устаткування; розробці положень, інструкцій, інших нормативних актів про охорону праці, що діють у межах підприємства; роботі постійної комісії з питань атестації робочих місць за умовами праці;
- контролюють дотримання чинного законодавства, міжгалузевих, галузевих та інших нормативних актів, виконання працівниками посадових інструкцій з питань охорони праці; виконання розпоряджень органів державного нагляду, пропозицій і подань уповноважених трудових колективів і профспілок з питань охорони праці, використання за призначенням коштів фонду охорони праці; відповідність нормативним актам про охорону праці машин, механізмів, устаткування, транспортних засобів, технологічних процесів, засобів протиаварійного, колективного та індивідуального захисту працівників; наявність технологічної документації на робочих місцях; своєчасне проведення навчання та інструктажів працівників, атестації і переатестації з питань безпеки праці посадових осіб та осіб, що виконують роботи підвищеної небезпеки, а також дотримання вимог безпеки під час виконання цих робіт; забезпечення працівників засобами індивідуального захисту, лікувально-профілактичним харчуванням, молоком або рівноцінними харчовими продуктами, миючими засобами, санітарно-побутовими приміщеннями; організацію питного режиму, надання працівникам передбачених законодавством пільг і компенсацій, пов'язаних з важкими й шкідливими умовами праці; використання

праці неповнолітніх, жінок, інвалідів відповідно до чинного законодавства; проходження попереднього (при прийнятті на роботу) і періодичних (протягом трудової діяльності) медичних оглядів робітників, що працюють на важких роботах.

Працівник зобов'язаний:

- піклуватися про особисту безпеку й здоров'я, а також про безпеку й здоров'я оточуючих людей у процесі виконання будь-яких робіт чи під час перебування на території підприємства;
- знати й виконувати вимоги нормативно-правових актів з охорони праці, правила експлуатації машин, механізмів, устаткування та інших засобів виробництва, використовувати засоби колективного й індивідуального захисту;
- проходити у встановленому законодавством порядку попередні й періодичні медичні огляди.

Працівник несе безпосередню відповідальність за порушення зазначених вимог.

З метою об'єднання зусиль найманих робітників, учених, фахівців з охорони праці й окремих громадян для поліпшення охорони праці, захисту працівників від виробничого травматизму й професійних захворювань можуть створюватися асоціації, товариства, фонди та інші добровільні об'єднання громадян, що діють відповідно до закону.

§ 1.5. Основні положення системи навчання робітників норм і правил охорони праці

Трудове виховання починається вже під час навчання в школі. Продовжується воно в професійних технічних училищах, де поряд зі спеціальними дисциплінами вивчаються також питання охорони праці. Охорона праці — обов'язковий предмет і при курсовому навчанні працівників на підприємствах.

З метою поліпшення організації праці й підвищення її безпеки до керування складними агрегатами, машинами, устаткуванням допускаються особи не молодше 18 років, що пройшли спеціальну підготовку, здали іспити й одержали посвідчення на право обслуговування машини.

Згідно з «Типовим положенням про навчання, інструктаж і перевірку знань з питань охорони праці» (ДНАОП 0.00-4.12-99) працівники при прийомі на роботу й у процесі роботи повинні проходити за рахунок роботодавця навчання з питань охорони праці, з надання першої медичної допомоги потерпілим від нещасних випадків і правил поведінки у випадку виникнення аварії, а також інструктажі.

За змістом розрізняють 4 види інструктажів.

Вступний інструктаж за програмою, що відображає специфіку даного підприємства, проводить інженер з охорони праці в обладнаному для цього кабінеті, як правило, для групи робітників незалежно від їх спеціальності й стажу роботи. Інструктаж передбачає насамперед таке: загальні відомості про підприємство і режим його роботи; основні положення законодавства з охорони праці; постанови, накази й директивні вказівки; нормативи державного нагляду; порядок розслідування нещасних випадків тощо. Під час вивчення правил техніки безпеки дається характеристика можливих небезпечних виробничих факторів, розглядаються запобіжні й огороджувальні пристрої, знаки безпеки; наводяться основні правила пересування по території підприємства тощо.

Під час ознайомлення з правилами й нормами виробничої санітарії і гігієни наводяться загальні відомості про фактори, що негативно впливають на організм людини (пил, отруйні гази, пари шкідливих речовин, шум, вібрація тощо). Розглядаються методи й засоби захисту від їх впливу. Це пристрій вентиляції, різні методи захисту від шуму й вібрації, засоби індивідуального захисту тощо.

Розглядаючи питання пожежної безпеки, необхідно зупинитися на причинах пожеж і вибухів, загальних заходах попередження пожеж, правилах користування системами й первинними засобами гасіння пожеж. Обов'язково розглядаються способи й методи надання першої допомоги при електричних травмах, механічних травмах, опіках, отруєннях та інших ушкодженнях організму людини.

Первинний інструктаж на робочому місці за спеціальною програмою проводить майстер або начальник дільниці з усіма робітниками незалежно від загального стажу їхньої роботи.

Первинний інструктаж включає такі основні положення: улаштування устаткування, безпечні прийоми в роботі, небезпечні зони і їх огородження, загальні відомості про технологічний процес і заходи безпеки під час його протікання; підготовка устаткування до роботи, перевірка його справності, робота пускових приладів, перевірка пристрою заземлення, необхідність використання індивідуальних засобів захисту тощо; правильна організація й утримання робочого місця під час роботи; дії виконавця після виконання роботи.

Виконавцю для освоєння безпечних прийомів роботи дається до 5 робочих днів.

Повторний інструктаж на робочому місці проводить також начальник дільниці або майстер. Зміст його аналогічний первинному. Інструктаж проводиться, як правило, через 6 місяців. Для спеціальностей з підвищеною небезпекою повторний інструктаж проводиться через 3 місяці. На підприємствах це газозварники, електрозварники, малярі, персонал, що обслуговує електроустановки, слюсарі з ремонту вантажопідйомних механізмів, трубопроводів, ємностей під тиском тощо, тобто практично всі спеціальності.

Цільовий інструктаж проводиться у випадку зміни правил охорони праці, зміни технологічного процесу, порушень робітниками норм охорони праці й перерв у роботі. Інструктаж проводить майстер або начальник цеху, зміст його аналогічний змісту первинного інструктажу.

Про проведення зазначених видів інструктажу робиться запис у журналі реєстрації інструктажу й в особистій картці робітника.

Крім цього, майстер зобов'язаний проводити також повсякденний інструктаж, який полягає в тому, що на початку зміни, видаючи наряд, він повинен звернути увагу виконавців на можливі небезпеки в процесі роботи.

§ 1.6. Основні положення системи навчання фахівців норм і правил охорони праці

В Україні молодих фахівців з охорони праці готують у навчальних закладах, а також безпосередньо на виробництві.

Система підготовки молодих фахівців з охорони праці в навчальних закладах охоплює:

- навчання за програмами середніх навчальних закладів у школах, технічних училищах;
- навчання при вивченні інших, у тому числі загальноосвітніх і спеціальних дисциплін, у вищих навчальних закладах;
- ознайомлення з технічними рішеннями з охорони праці під час проходження виробничої практики;
- вивчення курсу охорони праці;
- розробку розділу з охорони праці в дипломних проектах.

Слід зазначити, що при підготовці молодих фахівців у вищих навчальних закладах програми передбачають вивчення лише теоретичних основ і загальних практичних рекомендацій щодо створення безпечних умов праці. Якщо врахувати, що характер виробництва з часом змінюється, впроваджуються нові види устаткування, технологічні процеси, удосконалюються й розробляються нові норми й правила з охорони праці, то домогтися необхідного для інженера рівня знань з охорони праці можна лише за умови систематичного вивчення останніх досягнень науки і техніки в процесі трудової діяльності.

Самостійна робота над літературою і нормативними актами доповнюється періодичною підготовкою на спеціальних курсах підвищення кваліфікації фахівців у галузевих інститутах. Робота над спеціальною літературою повинна проводитися до підготовки на курсах.

Курси організовуються для вивчення спеціальних програм з урахуванням обов'язків, стажу роботи й займаних посад слухачів. Кількість годин для курсового навчання залежить від специфіки групи й уточнюється конкретно на кожному підприємстві.

Вивчення нещодавно виданих нормативних документів повинно провадитися на семінарах-бесідах без складання іспиту, але із заліком за результатами співбесіди.

Посадові особи, діяльність яких пов'язана з організацією безпечного ведення робіт, при прийомі на роботу й періодично, один раз у три роки, проходять навчання, а також перевірку знань з питань охорони праці за участю профспілок.

Порядок проведення навчання й перевірки знань посадових осіб з питань охорони праці визначається типовим положенням, затвердженим спеціально уповноваженим центральним органом виконавчої влади з нагляду за охороною праці.

Не допускаються до роботи працівники, у тому числі посадові особи, що не пройшли навчання, інструктаж і перевірку знань з охорони праці.

У випадку незадовільних знань з питань охорони праці працівники, у тому числі посадові особи, повинні протягом місяця пройти повторне навчання й перевірку знань.

§ 1.7. Органи державного нагляду за охороною праці

Відповідно до Закону України «Про охорону праці» вищим органом державного нагляду за дотриманням законодавчих актів з охорони праці на підприємствах, в установах, організаціях тощо незалежно від форми власності є прокуратура України, а на місцях — її місцеві органи.

Крім прокуратури, державний нагляд за дотриманням законів та інших нормативно-правових актів з охорони праці здійснюють:

- спеціально уповноважений центральний орган виконавчої влади з нагляду за охороною праці;
- спеціально уповноважений державний орган з питань радіаційної безпеки;
- спеціально уповноважений державний орган з питань пожежної безпеки;
- спеціально уповноважений державний орган з питань гігієни праці.

Органи державного нагляду за охороною праці не залежать від жодних господарських органів, суб'єктів підприємництва, об'єднань громадян, політичних формувань, місцевих державних адміністрацій та органів місцевого самоврядування, не підзвітні й не підконтрольні їм.

Діяльність органів державного нагляду за охороною праці регулюється законами України «Про охорону праці», «Про використання ядерної енергії і радіаційної безпеки», «Про пожежну безпеку», «Про забезпечення санітарного й епідемічного

благополуччя населення», іншими нормативно-правовими актами й положеннями про ці органи, які затверджують Президент або Кабінет Міністрів України.

Посадові особи спеціально уповноваженого центрального органу виконавчої влади з нагляду за охороною праці мають право:

- безперешкодно відвідувати підконтрольні підприємства (об'єкти), виробництва фізичних осіб, які відповідно до законодавства використовують найману працю, і здійснювати в присутності роботодавця або його представника перевірку дотримання законодавства з питань, віднесених до їх компетенції;
- одержувати від роботодавця й посадових осіб письмові та усні пояснення, висновки експертних обстежень, аудитів, матеріали й інформацію з відповідних питань, звіти про рівень і стан профілактичної роботи, причини порушень законодавства і вжиті заходи для їх усунення;
- видавати у встановленому порядку роботодавцям, керівникам та іншим посадовим особам юридичних і фізичних осіб, які відповідно до законодавства використовують найману працю, міністерствам та іншим центральним органам виконавчої влади, Раді Міністрів Автономної Республіки Крим, місцевим державним адміністраціям та органам місцевого самоврядування обов'язкові для виконання подання (розпорядження) про усунення порушень і недоліків у галузі охорони праці, охорони надр, безпечної експлуатації об'єктів підвищеної небезпеки;
- забороняти, призупиняти, припиняти, обмежувати експлуатацію підприємств, окремих виробництв, цехів, ділянок, робочих місць, будівель, споруд, приміщень, випуск та експлуатацію машин, механізмів, устаткування, транспортних й інших засобів праці, виконання певних робіт, застосування нових небезпечних речовин, реалізацію продукції, а також скасовувати або припиняти дію виданих ними дозволів і ліцензій до усунення порушень, що створюють загрозу для життя працівників;
- притягати до адміністративної відповідальності працівників, з вини яких порушувалося законодавство з охорони праці;
- направляти роботодавцям подання про невідповідність окремих посадових осіб займаній посаді, передавати матеріали органам прокуратури для притягнення цих осіб до відповідальності згідно із законом.

§ 1.8. Громадський контроль за дотриманням законодавства з охорони праці

Відповідно до Закону України «Про охорону праці» значна роль у громадському контролі відводиться і *профспілковим органам*. Закон України «Про охо-

рону праці» передбачає, що представники профспілок повинні брати участь у вирішенні питань охорони праці на всіх рівнях — від опрацювання національної, регіональних і галузевих програм поліпшення умов праці і до роботи в комісії з питань охорони праці підприємств, атестації посадових осіб на знання ними нормативних актів з охорони праці.

Професійні союзи здійснюють громадський контроль за дотриманням законодавства з охорони праці, створенням безпечних і нешкідливих умов праці, належних виробничих і санітарно-побутових умов, забезпеченням працівників спецодягом, спецвзуттям, іншими засобами індивідуального й колективного захисту. У випадку загрози життю чи здоров'ю працівників професійні союзи мають право вимагати від роботодавця негайного припинення роботи фізичних осіб на робочих місцях, виробничих ділянках, у цехах та інших структурних підрозділах або на підприємствах чи виробництвах, які відповідно до законодавства використовують найману працю, у цілому на період, необхідний для усунення загрози життю чи здоров'ю працівників.

Профспілки мають право на проведення незалежної експертизи умов праці, а також об'єктів виробничого призначення, які проектуються, споруджуються чи експлуатуються, на відповідність їх нормативно-правовим актам з охорони праці, брати участь у розслідуванні причин нещасних випадків і професійних захворювань на виробництві й надавати свої висновки про них, вносити роботодавцям, державним органам управління й нагляду подання з питань охорони праці й одержувати від них аргументовану відповідь.

У випадку відсутності профспілки на підприємстві громадський контроль за дотриманням законодавства з охорони праці здійснює *уповноважена найманими робітниками особа.*

Уповноважені найманими робітниками особи з питань охорони праці мають право безперешкодно перевіряти на підприємстві виконання вимог з охорони праці й вносити обов'язкові для розгляду роботодавцем пропозиції щодо усунення виявлених порушень нормативно-правових актів з безпеки й гігієни праці.

Щоб забезпечити виконання цих обов'язків, роботодавець за свій рахунок організовує навчання, забезпечує необхідними коштами й звільняє уповноважених найманими робітниками осіб з питань охорони праці від роботи на передбачений колективним договором термін зі збереженням за ними середнього заробітку.

Не можуть порушуватися будь-які законні інтереси працівників у зв'язку з виконанням ними обов'язків уповноважених найманих робітників з питань охорони праці; їх звільнення чи притягнення до дисциплінарної або матеріальної відповідальності здійснюється лише за згодою найманих робітників у порядку, визначеному колективним договором.

Якщо уповноважені найманих робітників з питань охорони праці вважають, що профілактичні заходи, прийняті роботодавцем, є недостатніми, вони можуть звернутися за допомогою в орган державного нагляду за охороною праці. Вони також мають право брати участь і вносити пропозиції під час інспекційних перевірок цими органами підприємств чи виробництв фізичних осіб, які відповідно до законодавства використовують найману працю.

На підприємстві з метою забезпечення пропорційної участі працівників у вирішенні будь-яких питань безпеки, гігієни праці й виробничого середовища за рішенням трудового колективу може створюватися *комісія з питань охорони праці.*

Комісія складається з представників роботодавця й профспілки, а також уповноваженого найманих робітників, фахівців з безпеки, гігієни праці й інших служб підприємства відповідно до типового положення, затвердженого спеціально уповноваженим центральним органом виконавчої влади з нагляду за охороною праці. Рішення комісії має рекомендаційний характер.

§ 1.9. Фінансування заходів з охорони праці

Фінансування профілактичних заходів з охорони праці, виконання загальнодержавної, галузевих і регіональних програм поліпшення стану безпеки, гігієни праці й виробничого середовища, інших державних програм, спрямованих на запобігання нещасним випадкам і профзахворюванням, передбачається поряд з іншими джерелами фінансування, визначеними законодавством, у державному й місцевому бюджетах і виділяється окремим рядком. Для підприємств, незалежно від форм власності, чи фізичних осіб, що використовують найману працю, витрати на охорону праці повинні становити не менше 0,5 % від суми реалізованої продукції. На підприємствах, що утримуються за рахунок бюджету, витрати на охорону праці передбачаються в державному чи місцевому бюджетах і становлять не менше 0,2 % від фонду оплати праці. Суми витрат на охорону праці, що зараховуються до валових витрат юридичної або фізичної особи, яка використовує відповідно до законодавства найману працю, визначаються відповідно до переліку заходів і витрат на охорону праці, затвердженого Кабінетом Міністрів України.

§ 1.10. Пільги жінкам, неповнолітнім, інвалідам і тим, хто має шкідливі умови праці

Забороняється застосування праці жінок на важких роботах зі шкідливими чи небезпечними умовами праці, на підземних роботах, крім деяких підземних робіт

(нефізичних чи робіт, пов'язаних із санітарним і побутовим обслуговуванням), а також залучення жінок до підняття й переміщення речей, маса яких перевищує встановлені для них граничні норми, відповідно до переліку важких робіт і робіт зі шкідливими й небезпечними умовами праці, граничними нормами підняття й переміщення важких речей, які затверджуються спеціально уповноваженим центральним органом виконавчої влади в галузі охорони здоров'я.

Праця вагітних жінок і жінок, які мають неповнолітніх дітей, регулюється законодавством.

Забороняється залучати неповнолітніх до праці на важких роботах і на роботах зі шкідливими чи небезпечними умовами праці, на підземних роботах, до нічних, понаднормових робіт і робіт у вихідні дні, а також до підняття й переміщення речей, маса яких перевищує встановлені для них граничні норми, відповідно до переліку важких робіт і робіт зі шкідливими й небезпечними умовами праці, граничними нормами підняття й переміщення важких речей, що затверджуються спеціально уповноваженим центральним органом виконавчої влади в галузі охорони здоров'я.

Неповнолітні приймаються на роботу тільки після попереднього медичного огляду.

Порядок трудового й професійного навчання неповнолітніх, професії яких пов'язані з важкими роботами й роботами зі шкідливими чи небезпечними умовами праці, визначається положенням, яке затверджується спеціально уповноваженим центральним органом виконавчої влади з нагляду за охороною праці.

Вік, з якого допускається прийом на роботу, тривалість робочого часу, відпусток і деякі інші умови праці неповнолітніх визначаються законом.

Підприємства, що використовують працю інвалідів, зобов'язані створювати для них умови праці з урахуванням рекомендацій медико-соціальної експертної комісії і забезпечувати індивідуальні заходи безпеки праці, що відповідають специфічним особливостям цієї категорії працівників.

У випадках, передбачених законодавством, роботодавець зобов'язаний організовувати навчання, перекваліфікацію і працевлаштування інвалідів відповідно до медичних рекомендацій.

Залучення інвалідів до понаднормових робіт і робіт у нічний час не допускається.

Працівники на роботах з важкими і шкідливими умовами праці безплатно забезпечуються лікувально-профілактичним харчуванням, молоком або рівноцінними харчовими продуктами, газованою водою; мають право на оплачувані перерви санітарно-оздоровчого призначення, скорочення тривалості робочого часу, додаткову оплачувану відпустку, пільгову пенсію, оплату праці в підвищеному розмірі й інші пільги та компенсації, що надаються у визначеному законодавством порядку.

У випадку роз'їзного характеру роботи працівнику виплачується грошова компенсація на придбання лікувально-профілактичного харчування, молока або рівноцінних йому харчових продуктів на умовах, передбачених у колективному договорі.

§ 1.11. Види відповідальності за порушення норм охорони праці

Законодавчі норми з охорони праці передбачають такі норми й правила, за яких праця повинна бути безпечною.

Наслідком порушення цих норм і правил є травми, отруєння, профзахворювання й загальні захворювання. Якщо втрата працездатності в результаті травм та отруєнь оплачується з розрахунку 100 % середньомісячного заробітку, тобто потерпілий у цьому випадку не зазнає матеріальних збитків, а втрачає тільки в моральному відношенні, то в інших випадках він зазнає як матеріальних, так і моральних збитків. Через травматизм підприємство зазнає значних матеріальних збитків, тому що зарплату повністю або частково виплачено, а продукцію не виготовлено. За це з юридичної точки зору порушник повинен відповідати перед законом. Так, на одному із суднобудівних підприємств стався груповий випадок травматизму зі смертельним наслідком за викладених нижче обставин.

На підприємстві практикували таку технологію складання суден. Корпус судна формувався в цеху. Після цього судно відключалося від усіх джерел енергопостачання й спускалося на воду. Для піднімання людей на судно на нього за допомогою крана навішувався трап. На судні він кріпився до обуха, привареного до палуби. Після того, як робітників було піднято, судно підключалося до джерел енергії і проводилися завершальні роботи.

На одному з чергових замовлень після відключення судна від джерел енергії будівельник виявив, що обух для кріплення трапа не приварений. Для приварювання обуха необхідно було підняти на судно зварювальний апарат, підключити його до системи енергопостачання й приварити обух. Це спричинило б до затримки спуску судна. Щоб уникнути цього, будівельник приймає неправильне рішення: приварити обух після спуску судна на воду. Судно було спущено на воду, за допомогою крана навісили трап. Будівельник, який керував навішуванням трапа, заборонив робітникам користуватися незакріпленим трапом.

Щоб організувати роботи по приварюванню обуха й кріпленню трапа, будівельник змушений був піднятися на судно по незакріпленому трапу. За ним піднявся електрозварник. Спускова команда, побачивши, що трапом уже користу-

ються, вирішила спуститися на берег, тому що покладені на неї обов'язки вона вже виконала. Під час сходження спускової команди трап утратив стійкість і разом з людьми впав у воду.

Основною причиною цієї аварії було неправильне рішення будівельника — приварити обух після спуску судна на воду. Воно викликало цілу низку вимушених порушень правил техніки безпеки: навішування трапа, який неможливо закріпити, підняття будівельника на судно по незакріпленому трапу, підняття зварника по незакріпленому трапу й т. ін.

Але всі ці порушення були вимушеними, тому що для закріплення трапа необхідно було приварити обух, а для цього на судно треба було піднятися будівельнику для організації робіт й електрозварнику для приварювання обуха; на судно треба було подати електроживлення в той час, коли воно ще не заземлене, відсутні системи пожежогасіння тощо.

Природно, будівельник усе це передбачав.

Визначаючи покарання за порушення норм і правил охорони праці, виходять як із самого факту порушення, так і з провини порушника. Провина — це порушення працівником або групою працівників інтересів приватної особи, колективу, підприємства, суспільства, держави.

Розрізняють два види провини: намір і необережність. *Намір* — навмисне й свідоме порушення правил і норм з метою завдати шкоду приватній особі, колективу, підприємству, суспільству, державі.

Розрізняють *два види необережності*: самовпевненість і недбалість. *Самовпевненість* полягає в тому, що порушник навмисно й свідомо порушує норми й правила охорони праці, але робить це в результаті переоцінки своїх сил і можливостей, припускаючи, що ніяких негативних наслідків у даних умовах це порушення не спричинить.

Наприклад, робітник не надягнув каску на голову і без неї переміщався по цеху. Він знає, що без каски працювати в цеху заборонено, тому що можна одержати травму. Але крана поблизу немає, територія цеху добре знайома, а час переміщення по цеху туди й назад займає всього кілька хвилин; тому він сподівається, що ніяких неприємностей не станеться. Однак під'їхав кран, із крана впав ключ, і робітник одержав травму.

Недбалість полягає в тому, що порушник не усвідомлює, що він порушує якісь норми чи правила, так як він їх не знає, хоча за займаною посадою зобов'язаний знати й уміти передбачати наслідки цього порушення. Наприклад, молодий робітник повинен був допомагати електрозварнику. Під час роботи він без спеціальних окулярів спостерігав за роботою електрозварника й дивився в зону горіння дуги. Унаслідок впливу випромінювання дуги він пошкодив зір. Дане порушення

правил техніки безпеки сталося через те, що робітник не знав про дію випромінювання дуги на органи зору. Однак він був зобов'язаний це знати, тому що це питання розглядається на всіх етапах навчання: курсовому, інструктажах тощо.

Як правило, травми й інші ушкодження організму людини є наслідком багатьох порушень. Це демонструє наведений приклад — падіння незакріпленого трапа із судна. Винуватцями в таких випадках є представники адміністрації підприємства і, зокрема, будівельник. Але нерідко буває так, що і потерпілий сам свідомо порушує норми безпечного провадження робіт. Так, у наведеному прикладі про пересування робітника по цеху без каски однією з основних причин травми є низька трудова дисципліна. За ці порушення повинен відповідати майстер. Але й сам робітник також знав, що працювати без каски заборонено, отже, він є не тільки потерпілим, а й порушником.

Наше законодавство допускає часткове покладання провини на порушника із залученням його не тільки до дисциплінарної, а й до матеріальної відповідальності, тобто йому через непрацездатність можна виплатити тільки частину заробітної плати. Однак для цього необхідно довести провину потерпілого, тобто вирішити питання, чому він не прийняв правильного рішення. Якщо потерпілий свідомо порушував норми або правила безпеки праці, то він повинен за це відповідати. Якщо потерпілий не знав якихось норм і правил, але зобов'язаний був їх знати, то це не звільняє його від відповідальності.

Але нерідко буває так, що через якісь обставин, що не залежать від працівника, останній не зміг прийняти правильне рішення. У цьому випадку відповідальність з порушника знімається. У більшості випадків це відбувається в складній ситуації за умови дефіциту часу на обмірковування прийнятого рішення.

Наприклад, на одному із суднобудівних заводів при складанні судна на плаву упав за борт робітник. Ситуація ускладнювалася через сильний вітер і велике хвилювання водної поверхні. Робітник, який знаходився поруч, розгубившись, схопив кабель, що лежав поруч, і кинув його робітникові, який упав за борт. Останній, взявшись за кабель, був смертельно травмований електричним струмом. Виявилося, що це був кабель від зварювального апарата, і був він під напругою. У даному випадку робітник, що кинув кабель, за свої дії відповідати не повинен.

Законодавство України за порушення норм і правил охорони праці передбачає чотири види відповідальності: дисциплінарну, адміністративну, матеріальну й карну.

Дисциплінарна відповідальність полягає у накладанні дисциплінарних стягнень: зауваження, догани, суворої догани, переведення на нижчеоплачувану роботу на термін до трьох місяців, звільнення.

Право накладання дисциплінарних стягнень належить роботодавцю або особам, які його заміщають. Пропозицію про притягнення порушника до відповідальності можуть подавати особи, що здійснюють державний, громадський і технічний нагляд за правилами експлуатації устаткування, а також безпосередні керівники робіт. Дисциплінарне стягнення повинно накладатися відразу ж, але не пізніше шести місяців із дня порушення й одного місяця з дня виявлення порушення. До накладання стягнення від порушника необхідно одержати пояснювальну записку, провести розслідування порушення, з'ясувати його причини й тільки тоді порушник може бути покараний.

Адміністративна відповідальність за порушення норм і правил законодавчих актів України з охорони праці полягає в накладанні штрафів на порушників. До відповідальності притягуються в тому випадку, якщо порушення не спричинило нещасних випадків за ст. ст. 41, 42, 120, 175, 188, 223 Кодексу України «Про адміністративні правопорушення». Представники органів державного нагляду мають право накладати штраф на посадових осіб, громадян — суб'єктів підприємницької діяльності, незалежно від форми власності, і на працівників. Залежно від органу державного нагляду й посади особи, що накладає штраф, сума штрафу може сягати 25 неоподатковуваних мінімальних доходів громадян.

Штраф необхідно сплатити протягом 25 днів або оскаржити в судовому порядку протягом цього ж терміну.

Кошти від застосування штрафних санкцій до юридичних або фізичних осіб, що використовують відповідно до законодавства найману працю, посадових осіб і працівників зараховуються до Державного бюджету України.

Матеріальна відповідальність — це відшкодування збитків, завданих приватній особі чи підприємству.

Кримінальна відповідальність. У Кримінальному кодексі України для притягнення до відповідальності за порушення законодавчих актів з охорони праці є чотири статті — ст. ст. 270–273.

За порушення загальних норм охорони праці порушники притягаються до відповідальності за ст. 271 ч. 1: за порушення норм і правил охорони праці, у результаті чого завдано шкоди здоров'ю потерпілого. Покарання — штраф до 50 неоподатковуваних мінімальних доходів громадян або умовне позбавлення волі, або позбавлення волі до 2 років; ст. 271 ч. 2: за ті ж порушення, але при цьому стався нещасний випадок зі смертельним кінцем або це призвело до інших тяжких наслідків. Покарання — виправні роботи до 2 років, обмеження волі до 5 років, позбавлення волі до 7 років.

За порушення норм охорони праці під час виконання робіт з підвищеною небезпекою порушники притягуються до відповідальності за ст. 272. Максимальне покарання — позбавлення волі до 8 років.

За порушення норм і правил протипожежної охорони порушники притягуються за ст. 270. Максимальне покарання — позбавлення волі до 8 років.

За порушення норм і правил охорони праці у вибухонебезпечних цехах порушники притягуються до відповідальності за ст. 273. Максимальне покарання — позбавлення волі до 10 років.

Контрольні запитання

1. *У чому полягає актуальність курсу?*
2. *Що являє собою система неперервної підготовки молодих фахівців з охорони праці?*
3. *У чому полягає система підготовки з охорони праці робітників?*
4. *Хто і чому відповідає за безпеку праці на підприємстві і на робочих місцях?*
5. *У чому відмінність законодавчих актів системи ССБП по групах: ДСТУ, ГСТУ, СТТУ, СТП, ГОСТ?*
6. *Які групи документів охоплює система ССБП, ДСТ, ДСТУ, ГСТУ?*
7. *Чому Кримінальний кодекс у статтях за порушення норм охорони праці передбачає дві частини?*
8. *Чому в Кримінальному кодексі передбачено за порушення норм охорони праці чотири статті?*
9. *Які завдання стоять перед майстром у справі підготовки робітників з охорони праці?*
10. *Чим відрізняються вступний, повторний і цільовий інструктажі?*
11. *Як фінансуються заходи з охорони праці?*
12. *Які пільги передбачено жінкам?*
13. *Які пільги передбачено підліткам?*
14. *Які пільги передбачено при роботі в шкідливих і небезпечних умовах праці?*
15. *У чому відмінність підготовки молодих фахівців у навчальних закладах і на виробництві?*

Розділ 2
ВИРОБНИЧИЙ ТРАВМАТИЗМ

§ 2.1. Аналіз виробничого травматизму

Щоб боротьба з виробничим травматизмом була успішною, необхідно володіти інформацією про його часову динаміку по окремих цехах, підприємствах, галузях, країнах. Завдяки аналізу цих даних можна дістати об'єктивну оцінку щодо небезпеки виконуваних на виробництві робіт і правильно планувати заходи щодо створення безпечних умов праці.

Порівняти стан виробничого травматизму на підприємствах окремих країн складно у зв'язку з різними підходами до його показників. Так, коефіцієнт частоти травматизму на підприємствах в одних країнах визначається як відношення кількості нещасних випадків до 1 млн відпрацьованих людино-годин, в інших — до 1 млн оплачених людино-годин, у третіх — до 100 тис. відпрацьованих людино-годин.

Оцінити стан травматизму в деяких країнах світу, де немає єдиної системи реєстрації травм, справді непросто. Так, у США за даними Бюро статистики праці міністерства праці в 1982 р. зареєстровано 4090 нещасних випадків зі смертельним наслідком, а за даними Національної Ради безпеки — 11 200.

Значно послабшав контроль за охороною праці у Великій Британії. Так, середня частота відвідування інспекцією підприємства планується один раз на п'ять років. У зв'язку з нечисленністю штатів інспекції остання може відвідувати підприємства не частіше ніж один раз на 12 років.

У більшості країн світу і в Україні також під коефіцієнтом частоти травматизму $K_ч$ мається на увазі кількість нещасних випадків із втратою працездатності більш як на три робочих дні, що припадає на 1 тис. працюючих. Цей коефіцієнт будемо використовувати надалі, аналізуючи стан виробничого травматизму (його розрахунок див. в § 2.10).

Таблиця 2.1

Динаміка звертання потерпілих до суду в Німеччині (по роках)

Рік	Зареєстровано звернень	Виплачено компенсацій
1983	24 020	2170
1984	22 078	2024
1985	21 235	2077
1986	19 509	1912
1987	16 609	1718

За опублікованими даними, у Німеччині в 1986 р. у деревообробній промисловості $К_ч$ становив 141, у будівництві — 136, у гірничодобувній промисловості — 121; у Канаді в 1975–1977 рр. по країні в цілому $К_ч$ дорівнював 101, у 1982–1984 р. $К_ч$ знизився до 68; у Франції в 1985 р. по країні в цілому $К_ч$ становив 54, у 1986 р. — 52.

У деяких країнах ще й досі не вирішене питання про відповідальність підприємців за порушення норм охорони праці, і в більшості випадків вона покладається на потерпілих. Компенсацію за втрату працездатності потерпілий може одержати тільки через суд. Судові витрати не під силу постраждалим, тому більшість з них до суду не звертаються. Так, у Великій Британії щорічно реєструється 3 млн нещасних випадків, з яких 350 тис. відбуваються на виробництві. Через значні судові витрати з 3 млн потерпілих тільки 300 тис. подають позовні заяви до суду і тільки 30 % цих заяв доходять до судового розгляду. Аналогічна картина і в Німеччині (табл. 2.1). Однак навіть за позовами компенсація виплачується тільки 10 % потерпілих.

Значно нижчий рівень травматизму в країнах Східної Європи. Так, у Словаччині в 1985 р. $К_ч = 27{,}7$. У Польщі у 1986 р. $К_ч$ сягав 27,41 на державних сільськогосподарських підприємствах, а в промисловості — 20,33.

Ще нижчий рівень травматизму в нашій країні. З наведених нижче даних (табл. 2.2) видно, що на одному з південних суднобудівних заводів тільки за період з 1984 р. по 1988 р. травматизм, пов'язаний з виробництвом, скоротився майже в 3 рази і в 1988 р. $К_ч$ становив 3.

Таблиця 2.2

Значення коефіцієнта травматизму ($К_ч$)
на одному із суднобудівних підприємств України

Види травматизму	1984 р.	1985 р.	1986 р.	1988 р.
Виробничий	7,8	7	5	3
Побутовий	22	18	11	7

Таблиця 2.3

Динаміка травматизму в Україні по роках

Рік	Загальна кількість травмованих	Кількість випадків зі смертельними наслідками
1985	741 279	16 707
1986	715 276	15 175
1987	690 152	14 556
1988	667 953	14 374

У цілому по Україні $K_ч$ становить близько 4,5 (табл. 2.3).

Динаміку травматизму за видами травм на одному із суднобудівних підприємств країни наведено вище. Дані свідчать, що на підприємстві рівень виробничого травматизму значно нижчий порівняно з травматизмом у побуті. У загальному випадку втрати через непрацездатність у результаті травмування працюючих становлять 3–5 % від загальних втрат через непрацездатність. Травматизм по цехах також змінюється у великих межах. Максимальний рівень травматизму відзначено в заготівельних і складально-зварювальних цехах. Так, у заготівельному цеху в 1984 р. $K_ч$ становив 9,4; у складально-зварювальному в 1986 р. $K_ч$ дещо зріс — до 11,5; у 1987 р. $K_ч$ різко знизився і становив 5,8. У деяких цехах протягом двох — трьох років не будо зареєстровано жодної травми.

Статистичні дані свідчать, що рівень виробничого травматизму в усьому світі безперервно зростає і становить, за даними МОП, близько 125 млн випадків щорічно. У розвинутих країнах, що мають високий рівень технічного розвитку, він відповідно менший, ніж у країнах, що розвиваються, у т. ч. і в Україні. У країнах Євросоюзу від нещасних випадків і професійних захворювань щорічно потерпають більш як 10 млн чоловік, з яких близько 8 тис. гинуть. У цілому по всіх країнах Земної кулі кожні 3 хв гине людина, а кожну секунду травмується 4 особи. Ціна помилки однієї людини безперервно зростає: якщо відразу після Другої світової війни через помилку однієї людини гинули в середньому 2–4 особи, то сьогодні ця кількість наближається до 10. У цьому аспекті можна згадати низку катастроф: з пароплавом «Адмірал Нахімов», коли загинуло більш як 500 осіб, підводним човном «Курськ» — загинуло 170 осіб, падіння літака Су-27 на Скнилівському аеродромі, коли постраждало 165 осіб, загинуло 77 осіб, з них 28 — діти. Можна навести ще багато прикладів, зокрема трагічні випадки на шахтах України, коли гинуть одночасно десятки шахтарів, катастрофи літаків.

За статистикою, в Україні в 2001 р. щодня на виробництві травмується близько ста осіб, з них 10 % стають інвалідами і майже 2 % гинуть.

За даними американських учених, витрати на те, щоб виростити, навчити і підготувати до самостійної роботи людину, становлять у середньому від $ 120 до 400 тис. В Україні ця цифра набагато менша, але досить суттєва — від 56 тис. до 200 тис. грн. (за приблизними підрахунками авторів). Такої суми недораховується суспільство, якщо людина втрачає працездатність у період найбільш активного і продуктивного віку — від 18 до 40 років; при цьому суспільство додатково витрачає гроші на її утримання і лікування. Крім того, така людина не приносить суспільству матеріальної користі (що важко підрахувати), якби вона, відповідно, працювала і віддавала свої знання і працю людям.

За даними Національного науково-дослідного інституту охорони праці, стан виробничого травматизму в Україні протягом останнього десятиліття характеризується зменшенням кількості випадків як загального, так і смертельного травматизму. За період 1991–2001 рр. кількість травмованих зменшилася на 76,8 %, смертельних травм — на 48,6 %.

Динаміка нещасних випадків пов'язана, безперечно, з економічною ситуацією в Україні.

За роки економічної кризи (1990–1999 рр.) ВВП скоротився на 59,2 %, обсяги промислової продукції — на 48,9 %, продукції сільського господарства — на 51,5 %. Найбільший спад української економіки відзначався в 1990–1994 рр. За цей час обсяги ВВП скоротилися на 45,6 %, промислового виробництва — на 40,4 %, сільського господарства — на 32,5 %. Тільки в 1994 р. падіння ВВП становило 22,9 % (промислового виробництва — 27,3 % (у т. ч. непродовольчих товарів — 37,5 %), сільськогосподарського — 16,5 %).

У цей період відзначається суттєве зниження показників загального і смертельного травматизму. Поступова стабілізація економічної ситуації в Україні (1994–1999 рр.) супроводжується зниженням темпів зростання як загального, так і смертельного травматизму.

Позитивні зрушення в економіці України в 2000–2001 рр. супроводжуються зростанням у 2001 р. кількості випадків смертельного травматизму.

Розподіл смертельних випадків за галузями виробництва показує, що найвищі темпи зростання травматизму допущено в хімічній промисловості (+25), машинобудуванні (+9), будівництві (+12), агропромисловому комплексі (+8), на транспорті (+19), у невиробничій сфері (+31).

Найбільша кількість нещасних випадків пов'язана з організаційними (64 %), технічними (27 %), психофізіологічними (9 %) факторами.

Основні причини смертельних травм у цих галузях економіки такі:

Агропромисловий комплекс:

- невиконання вимог посадових інструкцій та інших нормативних актів з охорони праці — 21,3 %;

- порушення трудової і виробничої дисципліни — 19 %;
- допуск до робіт без відповідного навчання — 11 %;
- порушення вимог безпеки під час експлуатації транспортних засобів, устаткування, машин, механізмів — 9 %;
- незадовільний технічний стан транспортних засобів — 3,9 %.

Транспорт:

- невиконання інструкцій з охорони праці — 12 %;
- порушення трудової і виробничої дисципліни — 10 %;
- порушення правил дорожнього руху — 8 %.

Будівництво:

- порушення трудової і виробничої дисципліни — 12 %;
- невиконання інструкцій з охорони праці — 11 %;
- невиконання вимог посадових інструкцій — 10 %.

Невиробнича сфера:

- порушення трудової і виробничої дисципліни — 11 %;
- протиправні дії інших осіб — 10 %;
- допуск до роботи без навчання і перевірки знань — 9 %.

Металургійна промисловість:

- невиконання вимог посадових інструкцій — 27 %;
- порушення трудової і виробничої дисципліни — 18 %;
- порушення вимог безпеки під час експлуатації засобів виробництва — 10 %.

Машинобудування:

- невиконання вимог посадових інструкцій — 13 %;
- порушення трудової і виробничої дисципліни — 10 %;
- допуск до роботи без навчання і перевірки знань — 6 %.

Хімічна промисловість:

- невиконання вимог посадових інструкцій — 15 %;
- порушення трудової і виробничої дисципліни — 15 %;
- порушення вимог безпеки під час експлуатації транспортних засобів — 9 %.

Найвищий рівень смертельного травматизму зафіксовано у 8 галузях економіки, на які припадає 86 % усіх смертельних випадків у виробництві в Україні.

Розподіл нещасних випадків загального і смертельного травматизму по областях України показано в табл. 2.4. Зростання кількості травмованих порівняно з минулим роком зареєстровано в АР Крим, Івано-Франківської, Київської і Рівненській областях (у кожному регіоні — 10 %).

Зростання кількості випадків смертельного травматизму допущено в Черкаській — на 77 %, Запорізькій — 72 %; Миколаївській — 58 %, Донецькій — 37 %, Київській — 36 %, Дніпропетровській — 18 %, Сумській — 11 % областях та АР Крим — 15 %.

Таблиця 2.4

Розподіл нещасних випадків загального і смертельного травматизму по областях України в різні роки

Область	Кількість травмованих у тому числі зі смертельними наслідками											
	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002
Вінницька	3272 88	2908 103	2520 92	2031 90	1576 85	1100 67	959 60	823 41	718 42	631 37	599 41	306 25
Волинська	1856 51	1889 40	1748 43	1450 30	1229 41	991 28	785 23	700 19	607 16	571 23	475 22	175 9
Дніпропетровська	8409 190	7884 201	6974 172	6308 175	5924 169	4986 166	4132 126	3412 100	2854 112	2580 96	2364 113	904 97
Донецька	38596 357	38759 409	36686 371	35212 404	31522 356	25478 331	22268 282	20005 349	16289 312	13557 240	12100 330	4378 221
Житомирська	2418 74	2286 62	2185 59	1649 40	1357 46	1064 41	855 35	467 30	415 30	389 29	260 23	104 13
Закарпатська	823 49	759 52	524 32	309 23	207 25	149 14	189 22	90 17	83 19	122 17	116 18	35 7
Запорізька	4985 107	4258 100	3748 92	2662 94	2381 74	1797 60	1439 61	1232 59	1046 45	1007 55	941 57	379 34
Івано-Франківська	1042 54	930 42	718 43	525 31	397 39	334 34	301 34	255 27	223 22	190 18	209 31	100 20
Київська	6825 199	5504 162	4766 133	3526 137	2622 101	2172 109	1814 115	1387 94	1174 84	1007 100	1169 88	453 81
Кіровоградська	3130 73	2845 66	2444 73	1747 64	1422 46	1221 41	970 37	848 37	613 34	561 31	427 27	153 16
Луганська	19973 198	18975 252	17099 226	14365 223	12742 195	9785 166	8067 131	8041 152	7399 101	6551 200	5351 100	2091 76
Львівська	2710 115	2705 101	2403 73	1852 74	1571 69	1354 68	1225 64	1234 43	1211 45	1058 40	993 45	461 24
Миколаївська	2925 82	2582 56	2287 60	1881 58	1374 57	1217 56	868 40	683 41	448 27	359 24	361 38	136 31
Одеська	4609 153	4016 132	3432 128	2254 142	5141 115	1515 106	1179 69	1077 78	626 67	535 64	463 51	169 44
Полтавська	3656 98	3345 80	2906 73	2339 53	1896 77	1463 55	1210 51	1020 41	811 34	731 32	723 30	291 17

Закінчення таблиці 2.4

Область	Кількість травмованих / у тому числі зі смертельними наслідками											
	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002
Рівненська	2156 / 57	2055 / 49	1818 / 51	1324 / 33	968 / 31	737 / 41	607 / 23	357 / 15	269 / 28	232 / 19	248 / 18	106 / 7
Сумська	3861 / 76	3581 / 61	3181 / 63	2586 / 45	1982 / 50	1525 / 50	1267 / 40	974 / 62	810 / 44	710 / 37	624 / 41	256 / 14
Тернопільська	1634 / 62	1562 / 47	1207 / 52	1072 / 52	742 / 46	563 / 42	367 / 27	389 / 15	237 / 32	206 / 22	163 / 19	60 / 14
Харківська	6242 / 38	5517 / 150	4462 / 115	3143 / 127	2471 / 111	2012 / 74	1508 / 72	1252 / 69	1005 / 67	879 / 58	818 / 56	351 / 36
Херсонська	2776 / 74	2572 / 86	2114 / 60	1553 / 80	1338 / 61	1109 / 59	1016 / 46	796 / 59	772 / 42	702 / 34	676 / 34	235 / 16
Хмельницька	2307 / 103	2171 / 94	1908 / 76	1490 / 75	1192 / 59	941 / 65	737 / 45	537 / 38	461 / 40	497 / 36	443 / 38	124 / 28
Черкаська	2053 / 73	1906 / 71	1549 / 72	1247 / 63	952 / 54	813 / 49	668 / 45	486 / 41	392 / 27	322 / 22	322 / 39	130 / 9
Чернігівська	3101 / 58	2863 / 56	2453 / 54	2018 / 59	1626 / 52	1227 / 36	978 / 38	669 / 24	497 / 41	393 / 38	226 / 33	177 / 7
Усього по Україні	132962 / 2679	124971 / 2619	111627 / 2334	94224 / 2279	80450 / 2083	64775 / 1835	54510 / 1563	47557 / 1551	39841 / 1388	34556 / 1325	30841 / 1378	11899 / 898

В Україні спостерігається високий рівень травматизму зі смертельним результатом у соціально-культурній сфері й торгівлі. Аналіз оперативних даних про стан виробничого травматизму зі смертельним результатом за 2002 рік показує, що в невиробничій сфері загинуло 125 осіб — це на 6 осіб більше, ніж у будівництві, де рівень травмонебезпеки високий. Виникає питання: чому гинуть люди в тій сфері, де відсутні шкідливі і важкі умови праці, складні механізми?

Законодавство України про охорону праці встановлює однакові вимоги з безпеки праці для всіх підприємств, установ та організацій незалежно від форм власності і видів діяльності. Як показує досвід, на практиці ці вимоги не виконуються у зв'язку з поширеною думкою про те, що в невиробничій сфері відсутні шкідливі і небезпечні моменти, що негативно позначаються на стані здоров'я і працездатності працівників.

В Україні, крім виробничого травматизму, відзначається високий рівень професійної захворюваності. За статистичними даними, на підприємствах України щорічно реєструється близько 2,6 професійних захворювань на 1000 працюючих. Завдяки аналізу професійної захворюваності виявлено, що професійна патологія зареєстрована в працівників більш як 185 професій, серед яких значна частина (2,5 %) — інженерно-технічні працівники, що працюють у різних галузях економіки. Ситуація з професійною захворюваністю, що склалася в Україні, вимагає реалізації комплексних заходів щодо створення умов праці, які б забезпечили захист працівників від впливу несприятливих професійних шкідливих факторів.

§ 2.2. Загальні відомості про травматизм

Відповідно до ДСТУ 2293-99 «Охорона праці. Терміни та визначення основних понять» нещасним випадком на виробництві називають раптове погіршення стану здоров'я або настання смерті працівника під час виконання трудових обов'язків у результаті тимчасового (тривалістю не більше однієї робочої зміни) впливу небезпечного чи шкідливого виробничого фактора. Це буває можливо в результаті несправності устаткування, недосконалості його конструкцій, порушення норм і правил охорони праці і т. ін.

Розрізняють такі види ушкоджень організму людини:

- *травма* — раптове механічне ушкодження (поранення, забиття і т. ін.);
- *отруєння* — ушкодження газами або парами отруйних речовин протягом короткого періоду часу (до однієї робочої зміни);
- *електротравма* — ушкодження електричним струмом;
- *опік* — ушкодження внаслідок впливу високої температури твердих тіл, газів, рідин;
- *обмороження* — ушкодження внаслідок впливу низьких температур твердих тіл, газів, рідин;
- *ураження блискавкою*;
- *тепловий удар*.

Нещасні випадки не можна розглядати як випадкове явище. Вони можуть виникнути як наслідок несприятливих умов праці. Тому будь-яке ушкодження організму людини свідчить про порушення норм і правил охорони праці і вимагає науково обґрунтованого аналізу причин нещасних випадків і розробки заходів щодо їх усунення.

Ушкодження організму людини при тривалому (протягом 10–15 років) впливі на нього шкідливих виробничих факторів, специфічних для даних умов праці, називається *професійним захворюванням.*

Сукупність травм протягом певного періоду називається *травматизмом.* Розрізняють невиробничий травматизм і травматизм на виробництві.

До *невиробничого травматизму* належать травми, що сталися в умовах, не пов'язаних з виробництвом, тобто в домашній обстановці, під час відпочинку, при проїзді в громадському транспорті, унаслідок злочинних дій, розкрадання, при використанні транспорту, устаткування тощо без дозволу адміністрації.

До *виробничого травматизму* слід віднести травми, що прямо чи опосередковано пов'язані з виробництвом, тобто якщо вони сталися:

- на території підприємства;
- під час аварій на виробничих об'єктах;
- у робочий час через отримання тілесних ушкоджень при виконанні службових обов'язків;
- поза територією підприємства під час виконання доручень адміністрації підприємства та за інших обставин;
- під час проїзду на роботу чи з роботи на транспортному засобі підприємства або на транспортному засобі іншого підприємства, що надало його відповідно до договору (заяви), за наявності розпорядження роботодавця;
- при використанні власного транспортного засобу в інтересах підприємства з дозволу чи за дорученням роботодавця відповідно до встановленого порядку;
- при проведенні дій в інтересах підприємства, на якому працює потерпілий, тобто дій, що не входять до кола виробничих завдань чи прямих обов'язків працівника (надання необхідної допомоги іншому працівнику, дії по попередженню можливих аварій чи порятунку людей і майна підприємства, інші дії за наявності розпорядження роботодавця);
- при ліквідації аварій, пожеж і наслідків стихійного лиха на виробничих об'єктах і транспортних засобах, що використовуються підприємством.

Нещасні випадки на виробництві розслідує комісія підприємства, оформляючи результати розслідування у вигляді акта за формою Н-1. Час непрацездатності в цих випадках оплачується з першого дня втрати працездатності з розрахунку 100 % середнього місячного заробітку.

Нещасні випадки з особами, що знаходяться у відрядженнях, класифікуються також відповідно до раніше викладених положень. Вони можуть стосуватися як невиробничого травматизму, так і виробничого. Наприклад, фахівець однієї проектної організації був відряджений на нараду в обласний центр. Щоб скоротити час проїзду, він поїхав у це місто на особистому автомобілі без дозволу адмініс-

трації на право його використання в службових цілях. Унаслідок дорожньої аварії був травмований. У даному випадку вирішальним фактором класифікації травми було використання для переїзду особистої машини без дозволу адміністрації. Випадок було визначено як побутовий травматизм. Якби потерпілий скористався рейсовим чи службовим автобусом, цей же випадок вважався б пов'язаним з виробництвом.

§ 2.3. Загальний порядок розслідування нещасних випадків

Розрахунки показують, що скорочення травматизму, пов'язаного з виробництвом, може дати підприємству і державі сотні мільйонів прибутку за рік за рахунок прямих виплат потерпілим і можливого одержання доходу від додаткової продукції. Тому зниження травматизму і професійної захворюваності є наймогутнішим джерелом підвищення продуктивності праці і зниження собівартості продукції, що випускається підприємствами України. А це, у свою чергу, не тільки допомагає збільшити рентабельність підприємств, а й підвищить їхню конкурентоздатність.

Існуючі вимоги законодавчих актів з охорони праці в Україні дають можливість забезпечити безпечні умови праці трудящих. Однак ці вимоги нерідко порушуються. Це пов'язано з переоцінкою своїх сил і можливостей, неприпустимою утомою, конструктивними недоліками устаткування, недоглядами в організації праці і т. ін. Необхідно чітко знати, що будь-який нещасний випадок є сигналом про порушення законодавчих норм охорони праці.

Будь-яке порушення норм охорони праці повинно розслідуватися власником підприємства. Порушення, унаслідок яких відбулися нещасні випадки, призводять до моральних і матеріальних збитків роботодавця або працівника підприємства. Щоб об'єктивно довести провину порушника і відшкодувати збитки потерпілим, нещасні випадки розслідуються спеціальними комісіями.

Основна мета розслідування нещасних випадків — з'ясування їх причин. Матеріали розслідування допомагають роботодавцю планувати роботу з охорони праці.

Порядок розслідування нещасних випадків на виробництві визначається «Положенням про порядок розслідування і ведення обліку нещасних випадків, професійних захворювань та аварій на виробництві», затвердженим Кабінетом Міністрів України 21.01.2001 р.

З метою розслідування нещасних випадків залежно від тяжкості травми і місця події призначається одна з наступних комісій:

1) виконавча дирекція Фонду (для випадку, коли постраждалий сам себе забезпечує роботою);
2) комісія підприємства — для всіх нещасних випадків на виробництві, за винятком групових і випадків зі смертельним результатом;
3) спеціальна комісієя — для групових нещасних випадків і випадків зі смертельним результатом;
4) комісія з установлення професійного захворювання;
5) спеціальна комісія з розслідування аварій;
6) комісія з розслідування нещасних випадків невиробничого травматизму.

§ 2.4. Порядок розслідування нещасних випадків, коли постраждалий забезпечував роботою себе сам

Коли нещасний випадок відбувся з особою, що забезпечувала себе роботою самостійно, за умови добровільної сплати нею внесків на державне соціальне страхування від нещасного випадку і професійного захворювання, розслідування організовує відповідний робочий орган виконавчої дирекції Фонду.

Головою комісії з розслідування призначається представник відповідного робочого органу виконавчої дирекції Фонду, а до складу цієї комісії входить потерпілий або його довірена особа, фахівець з охорони праці відповідної місцевої держадміністрації або виконавчого органу місцевого самоврядування, представник профспілкової організації, членом якої є потерпілий.

§ 2.5. Порядок розслідування нещасних випадків, пов'язаних з виробництвом

Порядок розслідування нещасних випадків, пов'язаних з виробництвом, проводиться в такий спосіб.

Про кожен нещасний випадок свідок, працівник, що його виявив, чи сам потерпілий повинні негайно повідомити безпосередньо керівника робіт чи іншу уповноважену особу підприємства і вжити заходів по наданню необхідної допомоги.

Керівник робіт (уповноважена особа підприємства), у свою чергу, зобов'язаний:

- терміново організувати надання медичної допомоги потерпілому, у разі потреби доставити його в лікувально-профілактичний заклад;
- повідомити про те, що трапилося, роботодавця, відповідну профспілкову організацію;

- зберегти до прибуття комісії з розслідування обстановку на робочому місці й устаткуванні в такому стані, у якому вони були на момент події (якщо це не загрожує життю і здоров'ю інших працівників і не приведе до більш важких наслідків), а також ужити заходів по недопущенню подібних випадків.

Роботодавець, одержавши повідомлення про нещасний випадок, повідомляє робочий орган виконавчої дирекції Фонду, а при необхідності — орган державної пожежної охорони і санітарно-епідеміологічну службу й організовує комісію з розслідування.

До складу комісії з розслідування входять: керівник (фахівець) служби охорони праці чи посадова особа (фахівець), на яку роботодавцем покладено виконання функцій фахівця з питань охорони праці (голова цієї комісії), керівник структурного підрозділу або головний фахівець, представник профспілкової організації, членом якої є потерпілий, чи уповноважений трудового колективу з питань охорони праці, якщо потерпілий не є членом профспілки, інші особи.

Керівник робіт, який безпосередньо відповідає за охорону праці на місці, де стався нещасний випадок, до складу комісії з розслідування не входить.

У разі нещасного випадку з можливою інвалідністю до складу комісії з розслідування входить також представник відповідного робочого органу виконавчої дирекції Фонду.

У випадку виявлення гострого отруєння до складу комісії з розслідування включається також фахівець відповідної установи (закладу) державної санітарно-епідеміологічної служби і відповідного робочого органу виконавчої дирекції Фонду.

На підприємствах, де немає структурних підрозділів або головних фахівців, до складу комісії з розслідування входить представник роботодавця.

Потерпілий або його довірена особа має право брати участь у розслідуванні нещасного випадку.

Розслідування нещасних випадків передбачає:

- огляд місця події;
- опитування свідків та осіб, причетних до обставин травмування;
- вивчення технічної документації;
- проведення аналізів, розрахунків, експериментів.

Огляд місця, де стався нещасний випадок, проводиться негайно після події. При огляді місця події необхідно з'ясувати положення і стан потерпілого в момент нещасного випадку, місце встановлення і стан устаткування, виробів, напівфабрикатів, заготівель і т. ін.; наявність інших предметів на місці події. При огляді місця події не повинно бути поділу на другорядні й основні деталі. Завдання огляду — точне відновлення умов, при яких стався нещасний випадок. До момен-

ту огляду вже відомо, яким чином був травмований потерпілий. Тому особливо ретельно оглядається фізичний об'єкт, що був джерелом травми.

Після огляду проводиться опитування свідків та осіб, причетних до нещасного випадку: майстрів, технологів, механіків. При цьому необхідно враховувати, що навіть щирі відповіді не завжди є достовірними. Це пов'язано з можливою неповнотою сприйняття того, що відбувається, нерозумінням і перекручуванням явища, що спостерігається, і т. ін. Буває, що неправильні відповіді даються спеціально з метою приховати порушення й уникнути відповідальності.

Важливим етапом розслідування є вивчення технічної документації, яку умовно можна поділити на дві групи: *нормативну* та *інформативну*.

До *першої групи* належать технічні, технологічні й організаційні проекти, паспорти устаткування, інструкції з експлуатації, техніки безпеки, креслення, маршрутні й операційні карти, наряди, накази, стандарти підприємства.

До *другої* — журнали реєстрації видачі інструкцій і проведення інструктажів, плани й акти проведення ремонтів та оглядів устаткування, записна книжка майстра, пояснювальні записки і т. ін. Обсяг досліджуваних документів визначається обставинами нещасного випадку.

Однак найчастіше розслідування, виконане навіть на висококваліфікованому рівні, не завжди дає можливість виявити всі причини нещасного випадку. У такій ситуації необхідно провести експеримент. Експеримент — це імітація якогось процесу чи нещасного випадку повністю в умовах, максимально наближених до реальної обстановки.

Так, на одному із суднобудівних підприємств стався нещасний випадок зі смертельним результатом. Вихідного дня бригада з 6 чоловік краном, що має вантажопідйомність 500 кг, піднімала металеві листи на покрівлю цеху. Під час чергового підйому відбулося самовідкручування гайок кріплення гака крана, унаслідок чого листи, що впали, смертельно травмували робітника.

Комісії з розслідування нещасного випадку, одну з яких очолював начальник цеху, а другу — технічний інспектор, з'ясували, що стропальник І. за 5 днів до нещасного випадку звернув увагу, що нижня гайка кріплення гака крана вільно обертається. На його думку, це свідчило про несправність вантажопідйомного пристрою. Він негайно доповів про це механіку цеху, який наступного дня дав наряд висококваліфікованому слюсарю К. (стаж роботи — 9 років) оглянути і відремонтувати пристрій. Слюсар, виконавши роботу, доповів механіку. Той, не перевіривши якість ремонту, дав дозвіл на подальшу експлуатацію крана. Усе це чітко зафіксовано в журналі оглядів і ремонтів крана.

У день нещасного випадку після 30–40 підйомів металу на покрівлю цеху гак відокремився від вантажопідйомного пристрою і разом з вантажем масою 500 кг

упав униз із висоти 20 м. У цей час робітник А. готував новий пакет металу для наступного підйому. Він знаходився в небезпечній зоні і був смертельно травмований.

У пояснювальних записках механік і слюсар засвідчили, що відділення гака від вантажопідйомного пристрою відбулося в результаті самовідкручування гайок, якими він кріпився до вантажопідйомного пристрою. Це стало можливим, на думку механіка і слюсаря, через конструктивні недоліки кріплення гака крана (контргайка стопорилася не планкою, як це було передбачено правилами виготовлення й експлуатації кранів, а спеціальною фігурною шайбою) та обертанням металевих листів при підйомі в один бік. Комісія з цим погодилася, і на завод-виготовлювач крана було направлено рекламацію. Завод-виготовлювач крана відразу надіслав свого представника для участі в комісії з розслідування. Він ознайомився з матеріалами, і, не повідомивши про своє рішення, повернувся на своє підприємство. Це було сприйнято як визнання провини заводу-виготовлювача. Тільки через деякий час з'ясувалося, що представник заводу-виготовлювача крана відразу визначив причину аварії і неможливість висунути претензії до заводу-виготовлювача крана.

Матеріали розслідування надійшли в прокуратуру, щоб розроблювачів вантажопідйомного пристрою притягти до кримінальної відповідальності. Висновок комісії з розслідування нещасного випадку викликав у старшого слідчого прокуратури Б. сумніви, і він вирішив з метою вирішення цього питання залучити експерта К.

Але й в експерта даний висновок викликав сумнів, оскільки завод-виготовлювач випускає ці крани більше 10 років і в практиці їхньої експлуатації самовідкручування гайок кріплення гака крана ніде не зареєстровано. Сумнів ще більш посилився, коли при огляді зруйнованого вантажопідйомного пристрою не було виявлено шайби, що запобігає розкручуванню гайки. Щоб з'ясувати, чому фігурна шайба не виконала свого призначення — тримати верхню гайку в нерухомому стані — необхідний був її огляд. А без цього вирішити проблему — хто винуватий — неможливо: конструктор, що неправильно вибрав шайбу (вона не запобігла самовідкручуванню гайки), чи виготовлювач шайби, що порушив технологію її виготовлення (вона не витримала навантаження). Отже, необхідне подальше розслідування. Слюсар і механік продовжували стверджувати, що ремонт був якісний, а шайба зникла.

З огляду на все це, було прийнято рішення провести виробничий експеримент. Було знято вантажопідйомний пристрій на іншому крані і після встановлення факту вільного обертання нижньої гайки, слюсарю було запропоновано провести його ремонт так само, як він описав це в пояснювальній записці. Експеримент показав, як, закручуючи гайку зубилом і молотком, слюсар зруйнував фігурну

шайбу і вивів з ладу весь вантажопідйомний пристрій. Після видалення змащення й огляду деталей кріплення гака крана, на якому відбулося самовідкручування гайки, було виявлено свіжі вм'ятини на гайках і внутрішніх поверхнях щік вантажопідйомного пристрою, точно таких, як на «відремонтованому» новому пристрої. У такий спосіб було доведено закручування гайок і руйнування фігурної шайби слюсарем за допомогою зубила під час «ремонту».

Потім запропонували слюсарю провести ще один ремонт за всіма правилами. Для цього необхідно було зняти щоки вантажопідйомного пристрою, закріпити обидві гайки і знову поставити щоки на місце. Тоді підвісили вантаж і почали обертати його в один бік. Було зроблено більш як 1 000 обертів, однак порушень у кріпленні гака виявлено не було. Отже, самовідкручування гайки з конструктивних причин можна було відкинути.

Після встановлення факту руйнування фігурної шайби при так званому «ремонті» за допомогою зубила й молотка і втрати пристроєм надійності слюсар зізнався, що конструкції кріплення гака він не знав, вузол кріплення під час ремонту був вкритий дуже товстим шаром мастила, було холодно, знімати вантажопідйомний пристрій він не захотів. При зовнішньому огляді слюсар не зміг з'ясувати призначення гайок у кріпленні гака крана і тому вирішив, що основне кріплення гака припадає на нижні гайки. Отже, верхня гайка є контргайкою і її необхідно затиснути міцніше. Однак вузька щілина 70–80 мм між щоками вантажопідйомного пристрою, де знаходилися гайки, утруднювала застосування ключа. За задумом конструктора пристрою саме верхня гайка за допомогою спеціальної фігурної шайби кріпилася нерухомо, нижня ж повинна вільно обертатися.

Отже, тільки за допомогою виробничого експерименту було доведено неякісний ремонт вантажопідйомного пристрою, а отже, і провину слюсаря. Причиною стало незнання конструкції вантажопідйомного пристрою, який він повинен був відремонтувати. Відповідальність за нещасний випадок було покладено на безпосереднього керівника робіт слюсаря, тобто на механіка цеху Г., якого і було притягнуто до кримінальної відповідальності.

У цьому розслідуванні було підтверджено висловлену раніше думку, що не завжди показання потерпілих, винних і свідків заслуговують на повну довіру. Тільки неспростовні факти змусили спочатку слюсаря, а потім і механіка визнати себе винними і дати правдиві показання.

З'ясування причин, що спричинили травму, у більшості випадків є складним завданням і залежить від кваліфікації осіб, що проводять розслідування. Складність завдання обумовлена тим, що велика кількість різних факторів може призвести до ситуації, при якій відбулася травма. З цієї безлічі факторів необхідно виділити лише ті, які мали причинний зв'язок з кінцевою подією — травмуванням.

Відомо багато методів встановлення причинного зв'язку. Широко використовується останнім часом метод сіткового планування ситуації нещасного випадку. Основою цього методу є чітке розмежування окремих робіт і подій, взаємопов'язаних у часі. Кінцева подія — травмування — не може виникнути без здійснення всіх попередніх подій.

Наприклад, в одному з інститутів стався нещасний випадок. Лаборантка одержала завдання скип'ятити воду для проведення аналізів. Для цього в лабораторії були електрична піч і колба зі спеціального жаростійкого скла. Коли вода закипіла, лаборантка, щоб зняти колбу, скористалася ганчіркою, яка лежала поруч. Ганчірка виявилася вологою, тому, знімаючи колбу, лаборантка опекла руки. Швидко розтиснувши їх, вона впустила колбу на стіл. При цьому колба розбилася, а вода вилилася. Лаборантка дістала опіки ніг другого ступеня.

Згідно з таким описом ситуації, в акті Н-1 основною причиною нещасного випадку було названо необережність постраждалої. Розглянувши акт у порядку контролю, технічний інспектор повернув його на дорозслідування, тому що визнання необережності постраждалої як основної причини нещасного випадку, не виключає його повторення. Необхідно було визначити, яким чином слід знімати колбу. Було запропоновано використовувати для знімання колби не ганчірку, а спеціальне пристосування. У процесі дорозслідування було з'ясовано, що таке пристосування в лабораторії є, але воно виготовлено так, що ним фактично не можна користуватися.

Отже, основною причиною даного нещасного випадку є відсутність спеціального пристосування, а винним — керівник лабораторії.

Комісія з розслідування зобов'язана протягом трьох діб скласти акт розслідування нещасного випадку за формою Н-5 у двох екземплярах, а також акт за формою Н-1 чи НТ (невиробничий травматизм) у шести екземплярах і передати його на затвердження роботодавцю. Форми актів наведено в додатках до даного навчального посібника.

До першого екземпляра акта розслідування нещасного випадку за формою Н-5 (далі — акт розслідування нещасного випадку) додаються акт за формою Н-1 чи НТ, пояснення свідків, потерпілого, витяг з експлуатаційної документації, схеми, фотографії та інші документи, що характеризують стан робочого місця (устаткування, машини, апаратура і т. ін.), у разі потреби — також медичний висновок про наявність в організмі постраждалого алкоголю, отруйних чи наркотичних речовин.

Нещасні випадки, про які складаються акти за формою Н-1 чи НТ, беруться на облік і реєструються роботодавцем у спеціальному журналі.

Роботодавець повинен розглянути і затвердити акти за формою Н-1 чи НТ протягом доби після закінчення розслідування, а щодо випадків, які сталися за межами підприємства, — протягом доби після одержання необхідних матеріалів.

Затверджені акти протягом трьох діб направляються:

- керівнику (фахівцю) служби охорони праці підприємства чи посадовій особі (фахівцю), на яку роботодавцем покладено виконання функцій фахівця з питань охорони праці — перший екземпляр акта розслідування нещасного випадку разом з іншими матеріалами для збереження в архіві;
- постраждалому чи його довіреній особі разом з копією акта Н-5;
- керівнику цеху чи іншого структурного підрозділу, дільниці, місця, де стався нещасний випадок — для здійснення заходів щодо попередження подібних випадків;
- відповідному робочому органу виконавчої дирекції Фонду разом із ксерокопією акта розслідування нещасного випадку (Н-5);
- відповідному територіальному органу Держнаглядохоронпраці;
- профспілковій організації, членом якої є потерпілий.

Копія акта за формою Н-1 направляється органу, до сфери управління якого належить підприємство, у випадку відсутності такого органа — відповідній місцевій держадміністрації або виконавчому органу місцевого самоврядування.

Акти розслідування нещасного випадку Н-1 чи НТ разом з матеріалами розслідування повинні зберігатися протягом 45 років на підприємстві, працівником якого є потерпілий.

Це пов'язано з тим, що наслідки багатьох травм, що сталися у віці 20–30 років, можуть позначитися на стані здоров'я працівника через десятки років. Так, кріпильщику при розробці руд підземним способом (Кривбас) у 1955 р. у результаті вибуху рудним пилом засмітило очі. На лікарняному він був 4 дні. У 1969 р. тобто через 14 років потерпілий втратив зір. Суд у 1970 р., вивчивши всю необхідну документацію, дійшов висновку, що втрата зору є результатом травми в 1955 р., і кріпильщик отримав інвалідність через нещасний випадок, пов'язаний з виробництвом.

У разі ліквідації підприємства акти розслідування нещасних випадків, акти за формою Н-1 чи НТ повинні передаватися правонаступнику, який бере на облік ці нещасні випадки, а якщо такого немає або він банкрут — до державного архіву.

По закінченні періоду тимчасової непрацездатності роботодавець складає повідомлення про наслідки нещасного випадку за формою Н-2 і протягом 10-денного терміну направляє його організаціям і посадовим особам, надаючи їм акт за формою Н-1 чи НТ.

Повідомлення про наслідки нещасного випадку обов'язково додається до акта за формою Н-1 чи НТ і повинно зберігатися разом з ним відповідно до чинного Положення.

Нещасний випадок, про який безпосереднього керівника потерпілого або роботодавця вчасно не повідомили, чи якщо втрата працездатності через нього наступила не відразу, незалежно від терміну, коли він відбувся, розслідується згідно із чинним Положенням протягом місяця після одержання заяви потерпілого або особи, що представляє його інтереси.

Нещасний випадок, що відбувся на підприємстві з працівником іншого підприємства під час виконання ним завдання свого керівника, розслідується підприємством, де стався нещасний випадок, і про нього складається акт за формою Н-1 комісією з розслідування за участю представників підприємства, працівником якого є потерпілий. Такий нещасний випадок бере на облік те підприємство, працівником якого є потерпілий.

Підприємство, де стався нещасний випадок, зберігає в себе один екземпляр затвердженого акта за формою Н-1.

Нещасний випадок, що стався з працівником, який тимчасово був переведений за договором з керівником підприємства на інше підприємство або який виконував роботи за сумісництвом, розслідує і бере на облік підприємство, куди він був переведений чи на якому працював за сумісництвом.

Якщо наслідки травми виявили себе через якийсь час і потерпілий вчасно не зміг повідомити про це ІТП підприємства, а звернувся в лікувальну установу без направлення підприємства, то лікувально-профілактична установа про кожне звертання потерпілого з посиланням на нещасний випадок на виробництві без направлення підприємства повинно протягом доби повідомити про це через засоби зв'язку, надіславши екстрене повідомлення за установленою формою:

- підприємству, де працює потерпілий;
- відповідному робочому органу виконавчої дирекції Фонду соціального страхування від нещасних випадків на виробництві і професійних захворювань (далі Фонд);
- відповідній установі (закладу) державної санітарно-епідеміологічної служби — у випадку виявлення гострого професійного захворювання (отруєння).

Роботодавець, одержавши повідомлення про нещасний випадок:

- повідомляє про нещасний випадок відповідний робочий орган виконавчої дирекції Фонду за формою, встановленою цим Фондом; якщо нещасний випадок стався внаслідок пожежі — відповідні органи державної пожежної охорони, а у випадку виявлення гострого професійного захворювання (отруєння) — відповідні установи (заклади) державної санітарно-епідеміологічної служби;
- організовує його розслідування і створює комісію з розслідування.

Наприклад: молодого робітника направили допомагати зварнику. Його попередили, що не можна дивитися в зону горіння зварювальної дуги без спеціаль-

ного захисту очей. Але окулярів або інших способів захисту зорового апарату не видали. Природно, що протягом зміни він довго дивився в зону горіння дуги, однак наприкінці зміни яких-небудь хворобливих відчуттів не помітив. Тільки вночі з'явився сильний біль в очах. Уранці він змушений був звернутися в лікарню, де й встановили ушкодження очей ультрафіолетовим випромінюванням, що власне не сприймається як видиме світло. Дійсно, подібне ушкодження має так званий прихований період. Цей період триває до 12–18 год. І лише після цього з'являється біль в очах. Безперечно, вважається, що такі випадки пов'язані з виробництвом.

Роботодавець за підсумками кварталу, півріччя, року на підставі актів за формою Н-1 складає державну статистичну звітність про потерпілих за формою, затвердженою Держкомстатом, і подає її у встановленому порядку до відповідних організацій.

Контроль за своєчасністю та об'єктивністю розслідування нещасних випадків, їхнім документальним оформленням та обліком, виконанням заходів щодо усунення причин здійснюють органи державного управління, органи державного нагляду за охороною праці, Фонд (відповідно до компетенції кожного).

Громадський контроль здійснюють трудові колективи через обраних ними уповноважених з питань охорони праці і профспілки через виборчі органи і своїх представників.

Ці органи мають право вимагати від роботодавця складання акта за формою Н-1 чи його перегляду, якщо встановлено, що допущено порушення вимог чинного Положення чи інших нормативно-правових актів про охорону праці.

Посадова особа Держнаглядохоронпраці має право в разі потреби (надходження скарги, незгода з висновками розслідування обставин і причин нещасного випадку чи його приховуванням і т. ін.) проводити розслідування нещасного випадку із залученням представників відповідного робочого органу виконавчої дирекції Фонду і профспілкової організації, членом якої є потерпілий, а також видавати обов'язкові для виконання роботодавцем розпорядження за формою Н-9.

У випадку незгоди роботодавця з розпорядженням посадової особи Держнаглядохоронпраці питання розглядається вищестоящим підрозділом Держнаглядохоронпраці або розпорядження оскаржується у встановленому порядку. На час розгляду зазначеного питання дія розпорядження призупиняється.

У випадку відмови роботодавця скласти акт за формою Н-1 про нещасний випадок чи незгоди роботодавця, потерпілого чи особи, що представляє її інтереси, зі змістом акта розслідування нещасного випадку, акта за формою Н-1 питання розглядається в порядку, передбаченому законодавством про розгляд трудових суперечок.

Органи з розгляду трудових суперечок у разі потреби одержують відповідний висновок роботодавця, представника органу державного нагляду за охороною праці, органу державного управління охороною праці, профспілкового органу, Фонду.

§ 2.6. Спеціальне розслідування нещасних випадків

Спеціальне розслідування проводиться щодо:

- нещасних випадків зі смертельним результатом;
- групових нещасних випадків, що сталися одночасно з двома і більше працівниками незалежно від тяжкості ушкодження їхнього здоров'я;
- випадків смерті на підприємстві;
- випадків зникнення працівника при виконанні ним трудових обов'язків.

Це розслідування відрізняється від раніше викладеного (§ 2.5) тим, що склад комісії визначається кількістю потерпілих.

У разі групового нещасного випадку, коли травмовано 2–9 осіб, та випадку із одним смертельним наслідком, комісія призначається наказом керівника територіального органу Держнаглядохоронпраці за узгодженням з органами, представники яких входять до складу цієї комісії.

До складу комісії входить: посадова особа органу державного нагляду за охороною праці (голова комісії), представник відповідного робочого органу виконавчої дирекції Фонду, представники органу, до сфери управління якого належить підприємство, а у випадку його відсутності — відповідної місцевої держадміністрації або виконавчого органу місцевого самоврядування, роботодавця, профспілкової організації, членом якої є потерпілий, вищестоящого профспілкового органу або уповноваженого трудовим колективом з питань охорони праці, якщо потерпілий не є членом профспілки, а у випадку розслідування випадків виявлення гострих професійних захворювань (отруєнь) також фахівець відповідної установи (закладу) державної санітарно-епідеміологічної служби.

Потерпілий або його довірена особа мають право брати участь у спеціальному розслідуванні нещасного випадку.

Спеціальне розслідування групового нещасного випадку, під час якого загинуло 2–4 осіб, проводиться комісією зі спеціального розслідування, що призначається наказом керівника Держнаглядохоронпраці чи його територіального органу за узгодженням з органами, представники яких входять до складу цієї комісії.

Залежно від конкретних умов (характеру і можливих наслідків аварії і т. ін.) до складу комісії зі спеціального розслідування включаються представники Держнаглядохоронпраці, центрального органу виконавчої влади, до сфери управління

ного захисту очей. Але окулярів або інших способів захисту зорового апарату не видали. Природно, що протягом зміни він довго дивився в зону горіння дуги, однак наприкінці зміни яких-небудь хворобливих відчуттів не помітив. Тільки вночі з'явився сильний біль в очах. Уранці він змушений був звернутися в лікарню, де й встановили ушкодження очей ультрафіолетовим випромінюванням, що власне не сприймається як видиме світло. Дійсно, подібне ушкодження має так званий прихований період. Цей період триває до 12–18 год. І лише після цього з'являється біль в очах. Безперечно, вважається, що такі випадки пов'язані з виробництвом.

Роботодавець за підсумками кварталу, півріччя, року на підставі актів за формою Н-1 складає державну статистичну звітність про потерпілих за формою, затвердженою Держкомстатом, і подає її у встановленому порядку до відповідних організацій.

Контроль за своєчасністю та об'єктивністю розслідування нещасних випадків, їхнім документальним оформленням та обліком, виконанням заходів щодо усунення причин здійснюють органи державного управління, органи державного нагляду за охороною праці, Фонд (відповідно до компетенції кожного).

Громадський контроль здійснюють трудові колективи через обраних ними уповноважених з питань охорони праці і профспілки через виборчі органи і своїх представників.

Ці органи мають право вимагати від роботодавця складання акта за формою Н-1 чи його перегляду, якщо встановлено, що допущено порушення вимог чинного Положення чи інших нормативно-правових актів про охорону праці.

Посадова особа Держнаглядохоронпраці має право в разі потреби (надходження скарги, незгода з висновками розслідування обставин і причин нещасного випадку чи його приховуванням і т. ін.) проводити розслідування нещасного випадку із залученням представників відповідного робочого органу виконавчої дирекції Фонду і профспілкової організації, членом якої є потерпілий, а також видавати обов'язкові для виконання роботодавцем розпорядження за формою Н-9.

У випадку незгоди роботодавця з розпорядженням посадової особи Держнаглядохоронпраці питання розглядається вищестоящим підрозділом Держнаглядохоронпраці або розпорядження оскаржується у встановленому порядку. На час розгляду зазначеного питання дія розпорядження призупиняється.

У випадку відмови роботодавця скласти акт за формою Н-1 про нещасний випадок чи незгоди роботодавця, потерпілого чи особи, що представляє її інтереси, зі змістом акта розслідування нещасного випадку, акта за формою Н-1 питання розглядається в порядку, передбаченому законодавством про розгляд трудових суперечок.

Органи з розгляду трудових суперечок у разі потреби одержують відповідний висновок роботодавця, представника органу державного нагляду за охороною праці, органу державного управління охороною праці, профспілкового органу, Фонду.

§ 2.6. Спеціальне розслідування нещасних випадків

Спеціальне розслідування проводиться щодо:

- нещасних випадків зі смертельним результатом;
- групових нещасних випадків, що сталися одночасно з двома і більше працівниками незалежно від тяжкості ушкодження їхнього здоров'я;
- випадків смерті на підприємстві;
- випадків зникнення працівника при виконанні ним трудових обов'язків.

Це розслідування відрізняється від раніше викладеного (§ 2.5) тим, що склад комісії визначається кількістю потерпілих.

У разі групового нещасного випадку, коли травмовано 2–9 осіб, та випадку із одним смертельним наслідком, комісія призначається наказом керівника територіального органу Держнаглядохоронпраці за узгодженням з органами, представники яких входять до складу цієї комісії.

До складу комісії входить: посадова особа органу державного нагляду за охороною праці (голова комісії), представник відповідного робочого органу виконавчої дирекції Фонду, представники органу, до сфери управління якого належить підприємство, а у випадку його відсутності — відповідної місцевої держадміністрації або виконавчого органу місцевого самоврядування, роботодавця, профспілкової організації, членом якої є потерпілий, вищестоящого профспілкового органу або уповноваженого трудовим колективом з питань охорони праці, якщо потерпілий не є членом профспілки, а у випадку розслідування випадків виявлення гострих професійних захворювань (отруєнь) також фахівець відповідної установи (закладу) державної санітарно-епідеміологічної служби.

Потерпілий або його довірена особа мають право брати участь у спеціальному розслідуванні нещасного випадку.

Спеціальне розслідування групового нещасного випадку, під час якого загинуло 2–4 осіб, проводиться комісією зі спеціального розслідування, що призначається наказом керівника Держнаглядохоронпраці чи його територіального органу за узгодженням з органами, представники яких входять до складу цієї комісії.

Залежно від конкретних умов (характеру і можливих наслідків аварії і т. ін.) до складу комісії зі спеціального розслідування включаються представники Держнаглядохоронпраці, центрального органу виконавчої влади, до сфери управління

якого належить підприємство, відповідного робочого органу виконавчої дирекції Фонду, місцевого органу виконавчої влади, роботодавця, профспілкових організацій, членами яких є потерпілі, вищестоящих профспілкових органів або уповноважені трудовими колективами з питань охорони праці, якщо потерпілі не є членами профспілки.

Спеціальне розслідування групового нещасного випадку, під час якого загинуло 5 і більше осіб і травмовано 10 і більше осіб, проводиться комісією зі спеціального розслідування, що призначається згідно з наказом Держнаглядохоронпраці, якщо із цього приводу не було прийнято спеціальне рішення Кабінету Міністрів України.

До складу комісії включаються керівники Держнаглядохоронпраці, центрального органу виконавчої влади, до сфери управління якого належить підприємство, виконавчої дирекції Фонду, місцевого органу виконавчої влади, роботодавця, представники профспілкових організацій, членами яких є потерпілі, вищестоящих профспілкових органів або уповноважені трудовими колективами з питань охорони праці, якщо потерпілі не є членами профспілки, відповідного органу з питань захисту населення і територій від надзвичайних ситуацій (у разі потреби), органів охорони здоров'я та інших органів.

В окремих випадках при більш важких наслідках комісію з розслідування організовує Кабінет Міністрів України.

Під час розслідування роботодавець зобов'язаний:

- зробити в разі потреби фотознімки місця нещасного випадку, ушкодженого об'єкта, устаткування, інструментів, а також надати технічну документацію та інші необхідні матеріали;
- надати транспортні засоби, засоби зв'язку, службові приміщення для роботи комісії зі спеціального розслідування, експертній комісії;
- організувати при розслідуванні випадків виявлення гострого професійного захворювання (отруєння) проведення медичного обстеження працівників відповідної дільниці підприємства;
- забезпечити проведення необхідних лабораторних досліджень і випробувань, технічних розрахунків та інших робіт;
- організувати роздруківку, розмножити й оформити в необхідній кількості матеріали спеціального розслідування.

Члени комісії зі спеціального розслідування мають право одержувати письмові й усні пояснення від працівників підприємства і свідків події або проводити їх опитування.

Члени комісії зі спеціального розслідування повинні зустрітися з потерпілими або членами їхніх родин, довіреними особами, розглянути і вирішити на місці соціальні питання або внести пропозиції щодо їх вирішення.

До матеріалів спеціального розслідування нещасного випадку належать:

- копії рішення Кабінету Міністрів України чи накази органів державного нагляду за охороною праці про організацію спеціального розслідування нещасного випадку;
- акт спеціального розслідування нещасного випадку;
- протокол огляду місця, де стався нещасний випадок;
- ескіз місця нещасного випадку, необхідні плани, схеми, фотознімки місця нещасного випадку, ушкодження об'єкта, устаткування і т. ін.;
- протоколи рішень комісії зі спеціального розслідування про розподіл функцій між членами цієї комісії, що беруть участь у розслідуванні, призначенні експертної комісії;
- розпорядження посадової особи органу державного нагляду за охороною праці (якщо воно видавалося);
- копія акта за формою Н-1 чи НТ на кожного потерпілого окремо;
- висновок експертизи (науково-технічної, медичної тощо), якщо вона проводилася;
- медичний висновок про причину смерті чи характер травми постраждалого, а також про наявність в його організмі алкоголю або наркотиків (у разі потреби);
- висновок лікувально-профілактичного закладу про розслідування випадків виявлення гострих професійних захворювань (отруєнь), результати вимірювань і лабораторних досліджень виробничих факторів трудового процесу;
- протоколи опитувань і пояснювальні записки потерпілих, свідків та інших осіб, причетних до нещасного випадку;
- копії документів про проходження потерпілим навчання й інструктажів з охорони праці;
- копії розпоряджень стосовно нещасного випадку, виданих роботодавцю державними інспекторами до настання нещасного випадку і під час його розслідування;
- витяги із законодавчих актів та інших нормативно-правових актів про охорону праці, вимоги яких були порушені;
- довідка про матеріальні збитки внаслідок нещасного випадку.

Спеціальне розслідування нещасних випадків проводиться протягом не більш як 10 робочих днів. У разі потреби встановлений термін може бути подовжений органом, що призначив розслідування.

За результатами розслідування складається акт спеціального розслідування за формою Н-5, а також оформляються інші матеріали.

Роботодавець компенсує витрати, пов'язані з діяльністю комісії зі спеціального розслідування і залучених до її роботи фахівців, протягом п'ятиденного тер-

міну з моменту підписання акта спеціального розслідування нещасного випадку або одержання розпорядження посадової особи органу державного нагляду за охороною праці щодо взяття на облік нещасного випадку; зобов'язаний розглянути ці матеріали і видати наказ про здійснення запропонованих заходів щодо попередження подібних випадків, а також притягти до відповідальності працівників, що допустили порушення законодавства про охорону праці і направити копії матеріалів органам прокуратури, іншим органам, представники яких брали участь у розслідуванні, центральному органу виконавчої влади, до сфери управління якого належить підприємство, відповідній місцевій держадміністрації або виконавчому органу місцевого самоврядування, Держнаглядохоронпраці, виконавчої дирекції Фонду, а при розслідуванні випадків виявлення гострого професійного захворювання (отруєння) — також відповідній установі (закладу) державної санітарно-епідеміологічної служби.

Перший екземпляр матеріалів розслідування залишається на підприємстві і зберігається в архіві.

Органи прокуратури надають територіальним органам Держнаглядохоронпраці інформацію про прийняте рішення щодо порушення кримінальної справи у зв'язку з нещасним випадком зі смертельним наслідком або груповим нещасним випадком чи про відмову в цьому.

§ 2.7. Розслідування професійних захворювань

У випадку підозри на професійне захворювання лікувально-профілактична установа направляє працівника з відповідними документами на консультацію до фахівця з профпатології міста (області). Щоб встановити остаточний діагноз фахівець з профпатології Автономної Республіки Крим, області, міст Києва і Севастополя направляє хворого в спеціалізовані лікувально-профілактичні заклади згідно із затвердженим переліком. У спірних випадках для остаточного вирішення питання про наявність профзахворювання хворий направляється в Інститут медицини праці Академії медичних наук України (м. Київ), на який покладено функції Українського профпатологічного центру. Рішення інституту у випадку незгоди хворого або роботодавця щодо встановлення діагнозу може бути оскаржене в судовому порядку.

Клініки науково-дослідних інститутів, відділення професійних захворювань лікувально-профілактичних закладів на кожного хворого складають повідомлення за формою П-3, яке протягом трьох діб після встановлення остаточного діагнозу направляється роботодавцю або керівнику підприємства, шкідливі виробничі фак-

тори на якому призвели до виникнення професійного захворювання, відповідній установі (закладу) державної санітарно-епідеміологічної служби і лікувально-профілактичному закладу, який обслуговує це підприємство, відповідному робочому органу виконавчої дирекції Фонду.

Роботодавець протягом 10 робочих днів з моменту одержання повідомлення для вирішення питання про зв'язок захворювання з умовами праці організовує комісію в складі представників: відповідної установи (закладу) державної санітарно-епідеміологічної служби (голова комісії), лікувально-профілактичного закладу, підприємства, профспілкової організації, членом якої є хворий, уповноваженого трудовим колективом з питань охорони праці, якщо хворий не є членом профспілки, відповідного робочого органу виконавчої дирекції Фонду.

До розслідування в разі потреби можуть залучатися представники інших органів.

У розслідуванні причин професійних захворювань інфекційної і паразитарної етіології обов'язково беруть участь фахівці з епідеміології і паразитології відповідної установи (закладу) державної санітарно-епідеміологічної служби.

Розслідування причин двох і більше випадків профзахворювань однієї особи проводиться в міру визначення цих захворювань при наявності повідомлення. В акті розслідування вказується, чи було раніше в цієї особи виявлено профзахворювання (найменування діагнозу) і рік його виявлення.

Роботодавець зобов'язаний надати комісії з розслідування дані лабораторних досліджень шкідливих факторів виробничого процесу, необхідну документацію (технологічні регламенти, вимоги і нормативи з безпеки праці і т. ін.), забезпечити комісію приміщенням, транспортним засобом і засобами зв'язку, організувати видруковування, розмноження й оформлення в необхідній кількості матеріалів розслідування.

Комісія з розслідування зобов'язана:

- скласти програму розслідування причин профзахворювання;
- розподілити функції між членами комісії;
- розглянути питання про необхідність залучення до її роботи експертів;
- провести розслідування причин профзахворювання;
- скласти акт розслідування за формою П-4, у якому вказати заходи щодо попередження розвитку професійного захворювання, забезпеченню нормалізації умов праці, а також назвати осіб, які порушують відповідні вимоги (правила, гігієнічні регламенти).

Комісія з розслідування проводить гігієнічну оцінку умов праці працівника за матеріалами раніше проведених атестацій робочих місць, результатів обстежень і досліджень, вивчає розпорядження Держнаглядохоронпраці, одержує пись-

мові пояснення посадових осіб і працівників з питань, пов'язаних з розслідуванням профзахворювання.

Акт розслідування причин профзахворювання складається комісією з розслідування в 6 екземплярах протягом трьох діб після закінчення розслідування і направляється роботодавцем хворому, лікувально-профілактичному закладу, що обслуговує це підприємство, робочому органу виконавчої дирекції Фонду і профспілкової організації, членом якої є хворий. Один екземпляр акта направляється відповідній установі (закладу) державної санітарно-епідеміологічної служби для аналізу і контролю за здійсненням заходів.

Перший екземпляр акта розслідування залишається на підприємстві і зберігається в архіві.

Про здійснення запропонованих комісією з розслідування заходів щодо попередження профзахворювань роботодавець письмово інформує відповідну установу (заклад) державної санітарно-епідеміологічної служби протягом терміну, зазначеного в акті.

У випадку втрати працівником працездатності внаслідок професійного захворювання роботодавець направляє потерпілого на МСЕК для розгляду питання подальшої його працездатності.

Контроль за своєчасністю та об'єктивністю розслідування професійних захворювань, їх документальним оформленням, виконанням заходів щодо усунення причин здійснюють установи (заклади) державної санітарно-епідеміологічної служби, Фонд, профспілки й уповноважені трудовими колективами з питань охорони праці відповідно до їх компетенції.

§ 2.8. Розслідування аварій

На підприємстві, відповідно до вимог законодавства і нормативних актів з питань цивільної оборони й охорони праці, повинні бути розроблені і затверджені власником:

- план попередження надзвичайних ситуацій, у якому розглядаються можливі аварії й інші надзвичайні ситуації техногенного і природного походження, прогнозуються наслідки, визначаються заходи щодо їх попередження, терміни виконання, а також сили і кошти, що виділяються на ці заходи;
- план (інструкція) ліквідації аварій (надзвичайних ситуацій), у якому перераховано всі можливі аварії й інші надзвичайні ситуації, визначено дії посадових осіб і працівників підприємства при їхньому виникненні, обов'язки професійних аварійно-рятувальних формувань або працівників інших підприємств, установ та організацій, що залучаються до ліквідації надзвичайних ситуацій.

Аварії поділяються на дві категорії.

До *першої категорії* належать аварії, унаслідок яких:

- загинуло 5 чи травмовано 10 і більше осіб;
- відбувся викид отруйних, радіоактивних, біологічно небезпечних речовин за межі санітарно-захисної зони підприємства;
- збільшилася концентрація забруднюючих речовин у навколишньому природному середовищі більше ніж у 10 разів;
- зруйновано будівлі, споруди чи основні конструкції об'єкта, що створило загрозу для життя і здоров'я значної кількості працівників підприємства або населення.

До *другої категорії* належать аварії, унаслідок яких:

- загинуло менше 5 чи травмовано від 4 до 10 осіб;
- зруйновано будівлі, споруди або основні конструкції об'єкта, що створило загрозу для життя і здоров'я працівників цеху, дільниці (враховуються цех, дільниця з кількістю працюючих 100 осіб і більше).

Випадки порушення технологічних процесів, роботи устаткування, тимчасової зупинки виробництва внаслідок спрацьовування автоматичних захисних блокувань та інші локальні порушення в роботі цехів, дільниць та окремих об'єктів, падіння опор й обриви проводів ліній електропередачі і т. ін. не належать до категорійних аварій і розслідуються відповідно до вимог законодавства.

Розслідування аварій проводиться в певній послідовності.

Аварії, під час яких сталися нещасні випадки, розслідуються в порядку, наведеному в § 2.5.

Категорійні аварії розслідуються таким чином: про аварію свідок повинен негайно повідомити безпосереднього керівника робіт чи іншу посадову особу підприємства, які, у свою чергу, зобов'язані повідомити роботодавця.

Роботодавець або особа, що керує виробництвом під час зміни, зобов'язані ввести в дію план ліквідації аварії, почати в першу чергу здійснювати заходи з порятунку потерпілих і надання їм медичної допомоги, запобігання подальшому поширенню аварії, встановленню границь небезпечної зони й обмеження доступу до неї людей, а також негайно повідомити про аварію місцевий орган Держнаглядохоронпраці, орган, до сфери управління якого належить підприємство, місцевий орган виконавчої влади, штаб цивільної оборони і з надзвичайних ситуацій, прокуратуру за місцем виникнення аварії і відповідний профспілковий орган.

Розслідування аварій, що супроводжувалися нещасними випадками, проводиться згідно з вимогами Положення по розслідуванню нещасних випадків.

Розслідування аварій без нещасних випадків проводять комісії, що створюються:

- у випадку аварії першої категорії — згідно з наказом центрального органу виконавчої влади чи розпорядженням (Автономної Республіки Крим, області, міст Києва і Севастополя) за узгодженням з відповідними органами державного нагляду за охороною праці, МНС і територіальним штабом цивільної оборони і з надзвичайних ситуацій;
- у випадку аварій другої категорії — згідно з наказом керівника органу, до сфери управління якого належить підприємство, чи розпорядженням районного чи міського органу виконавчої влади за узгодженням з відповідним органом державного нагляду за охороною праці.

Головою комісії призначається представник органу, до сфери управління яким належить підприємство, місцевого органу виконавчої влади чи представника органу державного нагляду за охороною праці.

У ході розслідування комісія визначає характер аварії, з'ясовує обставини, що обумовили її, установлює факти порушення вимог законодавства і нормативних актів з питань охорони праці, цивільної оборони, правил експлуатації устаткування і технологічних регламентів, визначає якість виконання будівельно-монтажних робіт чи окремих вузлів, конструкцій, їх відповідність вимогам технічних і галузевих нормативних актів і проекту, встановлює осіб, відповідальних за аварію, намічає заходи щодо ліквідації її наслідків і запобігання подібних аварій.

Комісія з розслідування зобов'язана протягом 10 робочих днів розслідувати аварію і скласти акт за встановленою формою.

Залежно від характеру аварії за необхідності проведення додаткових досліджень чи експертизи зазначений термін може бути подовжений органом, що призначив комісію.

За результатами розслідування аварії роботодавець видає наказ, згідно з яким відповідно до висновків комісії з розслідування затверджує заходи щодо запобігання подібним аваріям і притягає працівників до відповідальності за порушення законодавства про охорону праці.

Технічне оформлення матеріалів розслідування аварії проводить підприємство, де відбулася аварія, що протягом 5-денного терміну після закінчення розслідування направляє їх прокуратурі й органам, представники яких брали участь у розслідуванні.

Один екземпляр акта розслідування аварії зберігається на підприємстві до завершення термінів здійснення заходів, визначених комісією з розслідування, але не менше двох років.

У випадку, коли аварія відбулася через проектні недоробки або конструктивні недоліки устаткування, для участі в роботі комісії з розслідування залучаються представники підприємств, що розробляли і виготовляли його.

Роботодавець зобов'язаний направити проектній організації, заводу-виготовлювачу устаткування обґрунтовані рекламації, а їхні копії — органам, до сфери управління яких належить підприємство, проектна організація чи завод-виготовлювач (у випадку його відсутності — відповідній місцевій держадміністрації або виконавчому органу місцевого самоврядування). За видами робіт та устаткування, на які видається дозвіл (ліцензія) на проектування чи виготовлення, копія рекламації також направляється органу, що видав дозвіл (ліцензію) на проектування чи виготовлення устаткування.

Облік аварій першої і другої категорій здійснюють підприємства і відповідні органи державного управління і нагляду за охороною праці з реєстрацією їх у журналі. При цьому враховуються аварії, унаслідок яких сталися нещасні випадки і внаслідок яких нещасні випадки не трапилися.

Державна статистична звітність щодо аварій затверджується Держкомстатом за поданням Держнаглядохоронпраці.

Письмову інформацію про здійснення заходів, запропонованих комісією з розслідування, роботодавець надає організаціям, представники яких брали участь у розслідуванні, у терміни, зазначені в акті розслідування аварії.

Контроль і нагляд за своєчасним та об'єктивним розслідуванням, документальним оформленням й обліком аварій, здійсненням заходів щодо усунення їхніх причин покладається на органи державного управління і нагляду за охороною праці.

§ 2.9. Розслідування нещасних випадків невиробничого характеру

До невиробничих нещасних випадків належать випадки, що сталися в умовах, не пов'язаних із трудовою діяльністю громадян. Ці нещасні випадки розслідуються відповідно до «Положення про розслідування й облік нещасних випадків невиробничого характеру», затвердженого 22 березня 2001 р.

Відповідно до цього положення розслідуються нещасні випадки, що сталися:

1) у дорозі на роботу і з роботи, за винятком випадків, коли доставка працівників здійснювалася транспортом підприємства чи транспортом, дозволеним адміністрацією підприємства;
2) при виконанні громадських обов'язків: порятунок людей, захист власності і правопорядку і т. ін.;
3) при участі в культурно-масових заходах;
4) при участі в громадських акціях: мітингах, демонстраціях і т. ін.;
5) у домашніх умовах, під час відпочинку і т. ін.

Вищенаведений перелік умов нещасних випадків невиробничого характеру далеко не повний. Однак з нього видно, що до цієї групи належать усі нещасні випадки, що сталися в побутових умовах, пов'язаних з нормальною життєдіяльністю громадян.

Порядок розслідування цих випадків такий.

Лікувально-профілактична установа, до якої звернувся потерпілий, протягом 3 діб зобов'язана письмово повідомити:

1) у випадку групового нещасного випадку зі смертельним наслідком — до районної держадміністрації;
2) у випадку смертельного наслідку в результаті завдання тілесних ушкоджень кимось чи пов'язаного зі зброєю, вибуховою речовиною, дорожньо-транспортним випадком — до органів внутрішніх справ.

Повідомлення про випадки зі смертельним наслідком спрямовуються також до органів прокуратури.

У випадку відсутності повідомлення лікувального закладу про нещасний випадок потерпілий або його довірена особа можуть самостійно звернутися до держадміністрації. Остання протягом доби повинна прийняти рішення про необхідність розслідування і визначити підприємство, яке повинно його провести. Це може бути підприємство, де працює потерпілий, чи підприємство, на території якого стався нещасний випадок. Рішення про розслідування держадміністрація направляє керівнику підприємства. Потерпілий може і самостійно звернутися до адміністрації підприємства з проханням про розслідування нещасного випадку. У випадку відмови керівника підприємства від розслідування потерпілий зобов'язаний звернутися до держадміністрації.

Керівник підприємства, якому доручено розслідування нещасного випадку, повинен організувати комісію з розслідування, до складу якої входять представник підприємства — голова комісії; представник профспілки (якщо потерпілий є членом профспілки), уповноважений найманих робітників (якщо потерпілий не є членом профспілки).

До складу комісії можуть входити представники підприємства, де працює потерпілий, чи на території якого стався нещасний випадок.

Розслідування проводиться протягом 10 днів. В окремих випадках керівник підприємства може подовжити час розслідування. Акт складається за формою НТ. Кількість екземплярів акта визначається в кожному випадку окремо.

Акт за формою НТ направляється:

1) постраждалому чи його довіреній особі;
2) районній держадміністрації;

3) підприємству, де працює потерпілий;
4) підприємству — власнику території, де стався нещасний випадок.

Реєстрацію нещасних випадків, на які складено акти за формою НТ, здійснює районна держадміністрація.

§ 2.10. Методи аналізу виробничого травматизму

Успішна боротьба з виробничим травматизмом можлива тільки в тому випадку, коли відомі всі його причини. Однак практика показує, що розслідування нещасних випадків, навіть висококваліфіковане, не завжди завершується вирішенням цього складного завдання. Це можна зробити тільки шляхом глибокого аналізу травматизму за певний проміжок часу.

Оцінюючи рівень виробничого травматизму, у нашій країні прийнято користуватися коефіцієнтами його частоти і тяжкості.

Коефіцієнт частоти травматизму $K_ч$ — це кількість нещасних випадків із втратою працездатності більш як на 3 дні, що розраховується на одну тисячу працюючих. Визначають його за формулою (2.1):

$$K_ч = 1000 \cdot T / C, \qquad (2.1)$$

де T — кількість нещасних випадків за певний проміжок часу;
C — середньоспискова кількість працюючих за цей же період часу.

Коефіцієнт тяжкості травматизму $K_Т$ характеризує середню тривалість непрацездатності в днях, що припадає на один нещасний випадок:

$$K_Т = D / T, \qquad (2.2)$$

де D — кількість днів непрацездатності в результаті нещасних випадків.

З метою аналізу виробничого травматизму застосовують статистичний, топографічний, поглиблений та економічний методи.

Статистичний метод заснований на аналізі звітів підприємств по травматизму і даних, наведених в акті за формою Н-1. У звіті по травматизму наводяться дані про середньосписковий склад трудящих на підприємстві, кількість потерпілих за ступенем тяжкості травм, втрати через непрацездатність у днях. За цими даними визначають $K_ч$ і $K_Т$, що дає змогу порівняти рівень травматизму на підприємствах і галузях у цілому, його динаміку в часі і т. ін.

Аналогічно визначаються величини $K_Ч$ і $K_Т$ і їх динаміка на підприємствах для цехів і дільниць.

Великий інтерес становить аналіз даних, наведених в акті за формою Н-1. Це вік, професія, стаж, час нещасного випадку і т. ін. Аналіз даних про час нещасних випадків показує, що більшість з них відбувається упродовж денної зміни, тому що саме в цей час найбільша інтенсивність праці. У денній зміні можна виділити два піки інтенсивності травматизму: з десятої до одинадцятої години і з чотирнадцятої до п'ятнадцятої години.

Розподіл частоти травматизму пов'язаний з інтенсивністю праці (перший пік травматизму припадає на першу–другу годину після початку зміни, тобто на період входження робітника в ритм або так звану впрацьовуваність) і з утомою (другий пік травматизму, що припадає на кінець зміни).

Аналогічна динаміка розподілу травматизму спостерігається і за днями тижня — наприкінці тижня рівень травматизму підвищується, і за днями місяця — наприкінці місяця травматизм також зростає (очевидно, впливає ритмічність роботи підприємства, цеху, дільниці).

Цікавий аналіз травматизму за місяцями. Помітне зростання травматизму фіксується в червні — серпні, імовірно, це пов'язано з тим, що найбільш досвідчені робітники і керівники підрозділів ідуть у цей період у відпустку, а план не зменшується. Тому звична стала організація праці порушується. Ці порушення компенсуються за рахунок збільшення інтенсивності праці протягом окремих періодів, що призводить до зростання травматизму.

Наприкінці року інтенсивність праці також збільшується, що обумовлено необхідністю виконання річного плану, порушеннями в постачанні матеріалами і т. ін., а це, відповідно, спричинює зростання травматизму.

Топографічний метод аналізу виробничого травматизму полягає в тому, що на план підприємства, будівлі, цеху умовними позначками наносять показники травматизму. Метод відрізняється простотою і наочністю.

Поглиблений метод аналізу полягає у виділенні групи нещасних випадків (першими двома методами) і більш глибокому їх аналізі. Цей метод незамінний при виявленні конструктивних і технологічних недоліків устаткування, процесів і т. ін.

Економічний аналіз полягає у визначенні збитків через травматизм. Цей метод дає змогу визначити економічну ефективність використання витрат на охорону праці і правильно розробити послідовність планування заходів щодо охорони праці.

§ 2.11. Причини травматизму

Законодавство України передбачає такі умови праці, при яких імовірність ушкодження здоров'я працівників зводиться до мінімуму. Як правило, травми трапляються в результаті багаторазових порушень вимог безпеки праці і збігу несприятливих умов. Професійні захворювання взагалі виникають при роботі протягом десятків років у несприятливих умовах.

У літературі наводяться аналізи залежності частоти порушення норм охорони праці і частоти травм. Наприклад, оператор механічної пилки всупереч інструкції пересував матеріал, що розрізається, рукою. У результаті невдалого руху він одержав тяжку травму. Розслідування показало, що потерпілий приблизно 20 разів за ден порушував інструкцію протягом трьох місяців, тобто приблизно 1500 разів. З них 350 разів йому ледь вдавалося уникнути травми, 40 разів він одержував дрібні травми, унаслідок чого потрібна була медична допомога. Отже, у цьому випадку співвідношення порушення норм охорони (праці легкі травми — тяжка травма) мало вигляд 1500 : 40 : 1.

У цьому випадку, для важкої травми необхідно було, крім систематичного порушення (неправильне пересування матеріалу, що розрізається), ще одне порушення — неуважність у результаті утоми, стресового стану через неприємну розмову з майстром, колегою, у родині і т. п. Але основною причиною даної травми є відсутність огородження обертової пилки.

Інший приклад. Ще в 70-х роках, та й у багатьох випадках ще і дотепер, багато робітників ходять у виробничих будівлях без касок. Про те, що ходіння в цехах без касок заборонено, говорилося у вступному інструктажі, первинному, повторному, та й на вході в будівлю висить знак, який попереджає, що ходіння в цеху без каски заборонено. Але чому робітник ходить без каски? Чому майстер, начальник цеху мовчать? І тільки коли з майстра, начальника цеху запитають по-справжньому, останні запитають з робітника. Таких «дрібних» порушень у будь-якому цеху сотні і тисячі. Саме ці «дрібні» порушення і говорять про вкрай низьку культуру виробництва і слабку дисципліну, якщо про неї взагалі можна говорити.

Практика показує, що нещасні випадки можуть статися тільки при поєднанні ряду порушень норм і правил. З вищенаведеного прикладу видно, що робочі сотні разів ходили без касок у цеху. Необхідно було ще одне порушення — кранівниця кинула на підлогу крана молоток, який у результаті вібрації і струсів упав з крана в той час, коли на лінії падіння молотка знаходився робітник без каски, — і робітник травмований.

Таблиця 2.5

Динаміка травматизму на підприємствах Франції

Кількість зайнятих робітників	< 9	9–19	20–49	50–99	100–199	> 199
Коефіцієнт частоти травматизму	48,6	63,87	71,58	66,79	60,01	50,84

З наведених прикладів зрозуміло, що однією з причин травматизму є недостатня культура виробництва і низька трудова дисципліна. А за це відповідає, в першу чергу, майстер, начальник цеху, роботодавець. І справді, чим крупніше підприємство, тим більш кваліфіковані кадри може тримати роботодавець, а отже, і тим нижчий рівень травматизму. Так, показники травматизму у Франції в 1985 році на різних підприємствах були такі (табл. 2.5).

Аналогічна динаміка травматизму і в інших країнах. Так, наприклад, в Японії в 1986 р. вона була такою (табл. 2.6).

На жаль, порівнювати травматизм у різних країнах непросто. Це пояснюється різними методиками аналізу й обліку. У Японії, де ще діє система оплати праці з довічним найманням, робітнику довести, що його травма пов'язана з виробництвом, не так легко.

Аналіз нещасних випадках показує, що якщо працівник і порушив норми охорони праці, то це пояснюється низькою культурою і слабкою трудовою дисципліною на підприємстві.

От чому до 1960 р. в Україні діяв закон: потерпілий ніколи не винний. У 70-і роки він був замінений: від техніки безпеки — до безпечної техніки.

Друга половина XX ст. характеризується інтенсивним розвитком та ускладненням техніки, у т. ч. устаткування, технологічних процесів і т. ін. З упровадженням нової техніки істотно змінився і характер праці людини. Актуальною стала проблема взаємодії людини і техніки. Виникла проблема узгодження конструкції машин із психологічними і фізіологічними можливостями людини. Невідповідність конструкції устаткування психофізіологічним можливостям людини нерідко призводить до погіршення здоров'я людини. Простий приклад — невідповідність параметрів стільця (дуже низький, високий, хитний) і столу може бути причиною не тільки травм, але й інших ушкоджень організму людини.

Таблиця 2.6

Динаміка травматизму на підприємствах Японії

Кількість зайнятих робітників	30–49	50–99	100–499	500–999	> 999
Коефіцієнт частоти травматизму	8,2	6,24	2,9	1,09	0,41

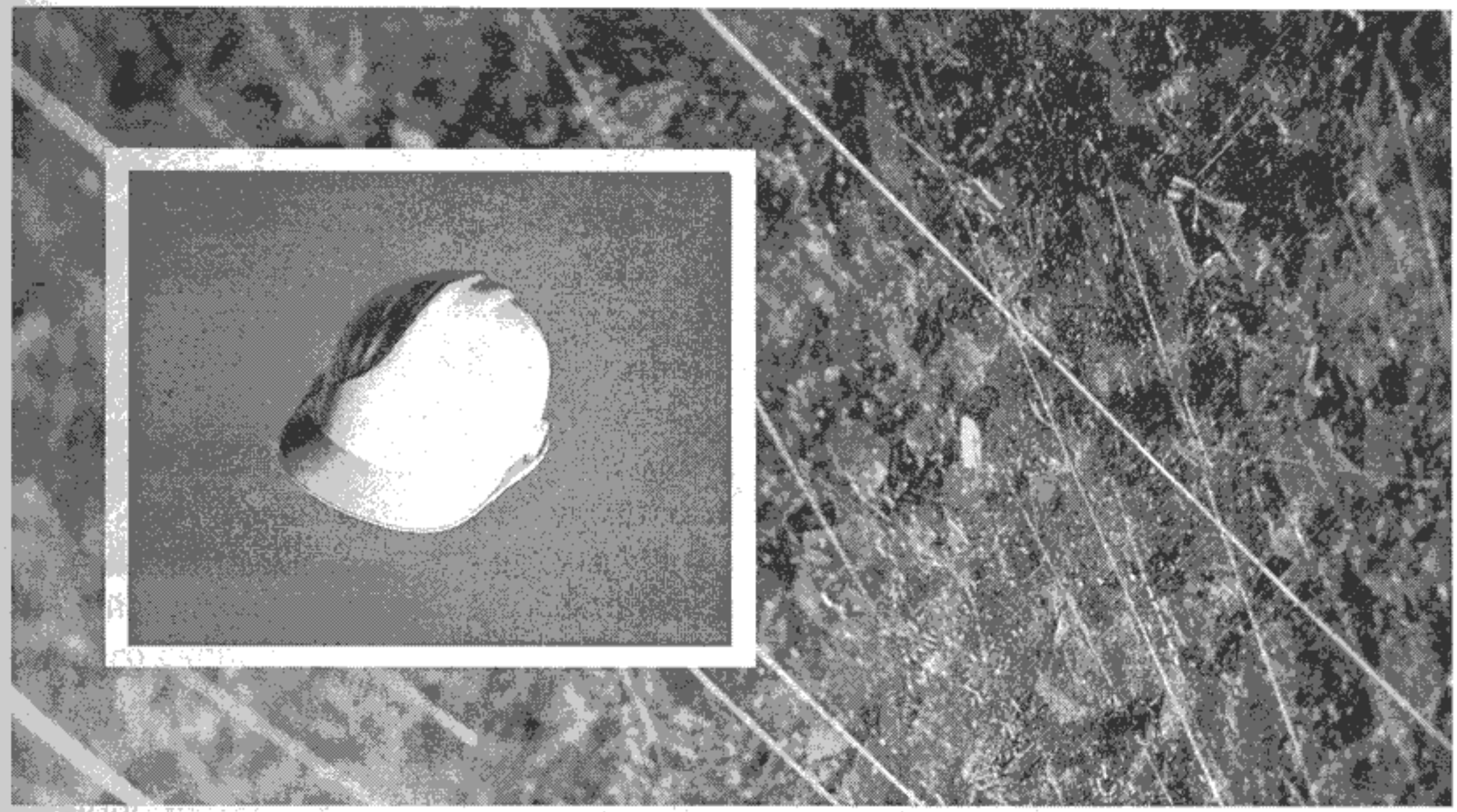
Різноманітність причин травматизму пояснює відсутність єдиної їх класифікації. Очевидно, доцільно виділити такі групи причин:

- *організаційні* — застосування небезпечних прийомів у роботі через відсутність інструктажу чи неякісне навчання правил і норм охорони праці, непогодженість дій робітників через недостатність досвіду, неправильне використання спецодягу і т. ін.
- *конструкторські* — недоліки конструкції устаткування, пов'язані з безпекою його експлуатації: відсутність запобіжних пристроїв, огороджень, недостатня міцність окремих елементів устаткування, невідповідність елементів устаткування психофізіологічним можливостям людини і т. ін.
- *технічні* — несправність устаткування, ушкодження огороджень небезпечних зон, неправильний вибір оснащення, устаткування, матеріалів і т. ін.
- *психофізіологічні* — можливість помилкових дій людини в результаті утоми, зниження працездатності при неправильному виборі режиму робочого дня чи його порушенні, збільшення часу реакції на світлові і звукові сигнали при роботі в умовах підвищеного шуму, вібрації, ультра- і інфразвуків, великої концентрації пилу, газів, парів шкідливих речовин тощо.

Контрольні запитання

1. *За яких обставин випадки, що сталися на території підприємства, вважаються не пов'язаними з виробництвом?*
2. *Чим пояснити відмінність між зареєстрованим травматизмом та оформленим документально?*
3. *Чим відрізняються гострі отруєння від професійних захворювань?*
4. *Чим відрізняються випадки, пов'язані з виробництвом, від побутових, якщо вони сталися поза територією підприємства?*
5. *Чим відрізняються організаційні причини травматизму від психофізіологічних?*
6. *Які документи вивчаються при розслідуванні травматизму?*
7. *Чому будь-яке порушення норм охорони праці повинно розслідуватися?*
8. *Чому акт Н-1 повинен зберігатися не менше 45 років?*

9. *Чим відрізняється розслідування нещасного випадку при легкій травмі від розслідування випадку зі смертельним наслідком?*
10. *Які органи здійснюють державний нагляд за охороною праці?*
11. *Як здійснюється громадський контроль за охороною праці?*
12. *Які комісії проводять розслідування аварій на підприємстві?*
13. *Чому методи аналізу травматизму не є взаємозамінними?*
14. *Чим відрізняються психофізіологічні причини травматизму від технічних?*



Частина II

СТВОРЕННЯ БЕЗПЕЧНИХ УМОВ ПРАЦІ ПРИ РОБОТІ ВИРОБНИЧОГО УСТАТКУВАННЯ

Розділ 3
ОСНОВИ ЕЛЕКТРОБЕЗПЕКИ

§ 3.1. Види ураження електричним струмом

Травмування електричним струмом можливе в тих випадках, коли організм людини стає ланкою електричного кола. Наприклад, якщо людина доторкається до двох неізольованих проводів трифазної мережі (рис. 3.1), електричне коло замикається і струм від трансформатора починає протікати по проводу *B* через потерпілого, і по проводу *C* повертається до трансформатора.

Механізм ураження людини електричним струмом у цьому випадку можна уявити так. Коли струм проходить через людський організм, тканини окремих органів поглинають електричну енергію, перетворюючи її на інші види енергії: хімічну, теплову й т. ін. Тяжкість травми залежить насамперед від кількості поглинутої електричної енергії і суб'єктивної сприйнятливості окремих органів.

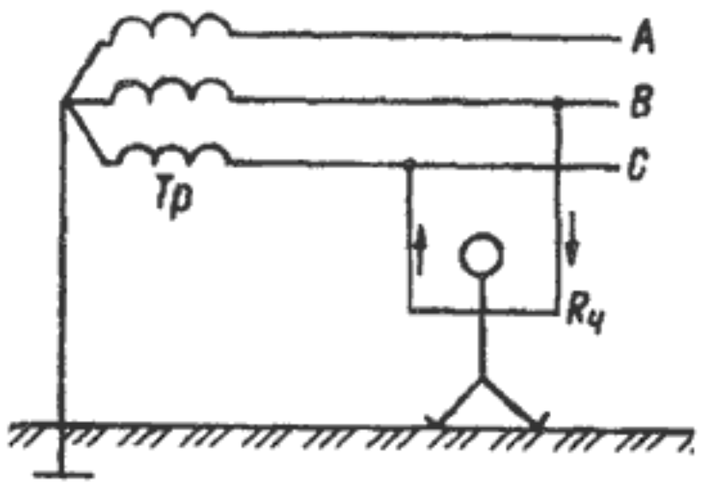


Рисунок 3.1
Схема контакту людини з двома проводами в трифазній мережі

Залежно від кількості енергії, поглинутої окремими органами організму людини, розрізняють такі види ураження струмом.

Опіки виникають унаслідок перетворення в організмі людини електричної енергії на теплову (так само, як і в будь-якому провіднику струму). Якщо сила струму в окремих органах значна, утворюється велика кількість теплоти. При цьому температура тканин підвищується до 60…70 °С, що і призводить до опіків. Такі опіки проникають глибоко в тканини, через це їх лікування дуже утруднене. Опіки можуть

виникати і внаслідок іскрового розряду між струмоведучими частинами устаткування.

Унаслідок ураження електричним струмом можуть виникати *механічні ушкодження*. Коли струм проходить через тканини окремих органів людського організму, відбувається їх різке скорочення, що може спричинити розриви шкіри, кровоносних судин, сухожиль і навіть переломи кісток. Як правило, це трапляється тоді, коли сила струму досягає значних величин.

Електричний удар — це також скорочення тканин окремих органів унаслідок проходження через них струму. Електричний удар, як правило, виникає навіть тоді, коли сила струму невелика. У цьому випадку інтенсивність скорочення тканин недостатня для їх механічного пошкодження. Кількість енергії, що перетворилася в теплову, теж незначна, тому утворена теплота не є небезпечною. Однак електричний удар часто призводить до дуже сильних больових відчуттів, появи судорожного скорочення м'язів рук, серця, легень, що може спричинити навіть смертельний кінець.

Можливі й інші менш небезпечні ушкодження організму людини: електричні знаки, металізація шкіри, електроофтальмія.

Електричні знаки виникають тоді, коли тіло людини тісно контактує зі струмоведучими частинами устаткування. Вони являють собою біологічні зміни в тканинах, зокрема затвердіння тканин, унаслідок проходження через них струму.

Електрометалізація шкіри — проникнення металу в тканини організму під час протікання струму.

Електроофтальмія — ушкодження зорового апарату людини променистою енергією, що виникає внаслідок могутнього іскрового розряду.

§ 3.2. Основні фактори, що визначають ступінь ураження струмом

Тяжкість ураження електричним струмом залежить від умов його проходження через тканини тіла людини. Це параметри електричного кола (сила струму, частота, опір кола тощо), індивідуальна сприйнятливість потерпілого й окремих його органів до електричної енергії, метеорологічні умови на місці нещасного випадку й т. ін. Виділити в цих умовах якийсь основний фактор, від якого залежить тяжкість травми, чи групу факторів можна тільки для конкретного випадку.

Розглянемо основні фактори, що впливають на ступінь ураження людини струмом при нормальних умовах праці.

Сила струму. Усіма фізіологічними процесами в людському організмі й діями людини управляють біоструми, основна відмінність яких від електричного струму — невеликі значення. Електричний струм незначної сили (0,01…0,1 мА), який проходить через тіло, людина не відчуває, і його вплив на організм вивчено поки що недостатньо. Однак відомо, що ці струми, взаємодіючи між собою, можуть викликати у людини реакції, які не відповідають реальній обстановці (сміх, сльози й т. ін.). Наслідком таких реакцій можуть бути непевність, страх, прийняття неправильних рішень, що в сукупності може стати причиною травматизму й аварій. Тривалий вплив таких струмів може призвести і до деяких фізіологічних змін в організмі, тому їх не можна вважати безпечними.

Мінімальна величина сили струму, який відчуває людина, називається *порогом відчуття струму*. Коли через організм людини проходить постійний струм, ці відчуття проявляються у вигляді потепління в місці контакту зі струмоведучими частинами. При проходженні змінного струму людина відчуває легке поколювання.

Величина порогового струму залежить від індивідуальної чутливості людини. У табл. 3.1 наведено відомості про характер сприйняття електричного струму людиною, коли він проходить по шляху «рука — рука» чи «рука — нога» протягом 1…3 с за нормальних умов роботи. З таблиці видно, що, аналізуючи дію струму на людський організм, необхідно враховувати індивідуальну чутливість людини до струму. Якщо сила змінного струму становить 0,63 мА, то в нормальних робочих умовах імовірність його сприйняття організмом людини становитиме лише 0,1 %, при силі струму 0,86 мА — 5 %, і тільки коли сила струму сягне 1,59 мА, імовірність сприйняття становитиме 99,9 %. Практично вплив струму такої сили на людину протягом короткого періоду не може спричинити тяжких наслідків.

Таблиця 3.1

Характер сприйняття струму, мА

Вірогідність сприйняття, %	Змінний		Фібриляційний	
	Відчуття	Що не відпускає	Змінний, якщо f = 50 Гц	Постійний
0,1	0,63	5,3	67	290
1	0,76	7,7	83	357
5	0,86	9,8	100	442
10	0,9	10,9	11,1	428
50	1,11	14,9	157	681
99,9	1,59	24,6	367	1600

Порогова величина постійного струму, який здатна сприймати людина, лежить у межах 5…7 мА. Отже, *змінний струм для здоров'я людини більш небезпечний*, тому надалі розглядатимемо тільки змінний струм.

Збільшення сили струму до 4…5 мА спричинює сильні больові відчуття. Подальше зростання сили струму спочатку викликає різке посилення больових відчуттів, потім — місцеве й загальне судорожне скорочення м'язів. Тобто вплив такого струму в цілому також практично не може призвести до тяжких наслідків, але в окремих випадках при збігу кількох несприятливих факторів можливий навіть смертельний результат.

Дія струму силою 15…20 мА може спричинити судорожне скорочення м'язів рук. При цьому потерпілий, не втрачаючи свідомості, не здатний керувати своїми діями, тому самостійно відірватися від струмоведучих частин він не може. Цей струм називається *невідпускаючим*.

Ураження невідпускаючим струмом може призвести до смертельного наслідку. Якщо потерпілий не може відірватися від струмоведучих частин і якщо йому вчасно не надано допомогу, струм може тривалий час проходити через його тіло. Опір тіла людини зі збільшенням часу проходження струму зменшується, а при постійній напрузі електричної мережі сила струму поступово збільшується, що в результаті може стати причиною смерті потерпілого. Якщо через серцеві м'язи проходить струм силою 60…100 мА, можуть статися порушення в роботі серця. Коли серце працює в нормальному режимі, відбувається його ритмічне розслаблення (при цьому шлуночки серця заповнюються кров'ю) і скорочення (при цьому кров виштовхується із серця в кровоносні судини), тобто серце працює як насос, подаючи кров, збагачену киснем, в організм людини. При цьому ритмічність роботи серця залежно від інтенсивності фізичного навантаження становить 60…100 циклів за хвилину. Коли струм проходить через серце, ритмічність його роботи порушується, скорочення відбуваються дуже швидко й хаотично, настає так звана *фібриляція серця*. Кров у цьому випадку не встигає виштовхуватися із серця і не надходить у тканини. Цей стан рівносильний зупинці серця, і якщо негайно не вжити заходів по відновленню його нормальної роботи, то внаслідок так званого кисневого голодування потерпілий може померти.

Аналогічний стан може спостерігатися і під час проходження струму через м'язи органів дихання. У цьому випадку смерть може наступити внаслідок припинення роботи легень.

Слід зазначити, що серцево-судинна й дихальна системи пов'язані між собою, а їх роботу координує центральна нервова система. З одного боку, це часто унеможливлює встановлення причини смертельного випадку — чи це зупинка

серця, чи відмова роботи легень. З іншого боку, смерть може наступити й внаслідок змін, викликаних проходженням струму через центральну нервову систему, що також може порушити ритмічність роботи серця або легень.

Струм, сила якого перевищує 5 А, спричинює миттєву зупинку серця, минаючи стан фібриляції. Однак, якщо дію струму буде припинено протягом 1...2 с, то за відсутності інших тяжких ушкоджень серце самостійно відновлює свою роботу.

Розглянутий вище вплив струму на організм людини спостерігається при нормальних умовах роботи. Коли нормальні умови порушено, смертельний наслідок можливий при значеннях сили струму 7...10 мА (наприклад, вологий ґрунт, підвищена вологість організму, струмоведучі частини контактують з особливо чутливими до струму частинами людського тіла і т. ін.). Із практики експлуатації електроустаткування відомі випадки ураження струмом зі смертельним наслідком, навіть при напрузі менше 12 В, тобто в цьому випадку максимальна сила струму, що пройшов через потерпілого, не перевищувала 7...8 мА.

Такий випадок стався на одному із суднобудівних заводів під час приймання стаціонарної електропроводки в підвальному приміщенні особливого призначення. Щоб оглянути приміщення, вирішили скористатися переносним світильником, що живився від трансформатора 220/12. Закінчивши приймання, робітник взяв у руки бухту проводів, по яких подавалася напруга, і в цей момент був смертельно уражений струмом. Ретельне розслідування спеціальної комісії не встановило факту підвищення напруги в мережі до 12 В і більше. Однак виявилося, що ізоляція проводів була порушена — це і спричинило виникнення небезпеки однофазного дотику. Опір тіла потерпілого в найбільш несприятливих умовах становив не менш як 3 кОм, тобто сила струму не перевищувала 4...5 мА.

У той же час відомо багато випадків, коли через тканини тіла потерпілого проходив струм, сила якого становила 5...8 А, і людина, хоч і зазнавала тяжких механічних ушкоджень, однак залишалася живою. З практики відомі випадки, коли електромонтери доторкалися до проводів під напругою 6 і навіть 35 кВ і зазнавали лише тяжких ушкоджень. Так, електромонтер незахищеними руками доторкнувся до шини, що була під напругою 6,6 кВ. Силу струму, що проходив через тіло потерпілого, визначили за осцилограмою аварійного автоматичного осцилографа, який спрацював у момент аварії. Сила струму становила 7,8 А, а час проходження струму — 2 с. Потерпілий залишився живим, дістався лише тяжкі механічні ушкодження. Однак такі випадки трапляються дуже рідко. У переважній частині випадків, якщо сила струму велика, виникає іскровий розряд і смерть настає через опіки.

Таблиця 3.2

Гранично допустимі значення напруги дотику $U_{дот}$, В при аварійній роботі електроустановки напругою до 1000 В з глухозаземленою нейтраллю і понад 1000 В з ізольованою нейтраллю

Вид струму	Час впливу, с									
	0,01–0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1
Змінний (f = 50 Гц)	500	250	165	125	100	85	70	65	55	50
Змінний (f = 400 Гц)	500	500	330	250	200	170	140	130	110	100
Постійний	500	400	350	300	250	240	230	220	210	200
Випрямлений двоперіодний	500	400	300	270	230	220	210	200	190	180

Примітка. Для випрямленого двоперіодного струму наведено $U_{амп}$, В.

Отже, безпечної величини струму, що проходить через організм людини, не існує. Розробляючи заходи зі створення безпечних умов праці, використовують допустиму силу струму. ГОСТ 12.1.038–82 встановлює, що при нормальному режимі роботи електроустаткування й впливі на людину протягом проміжку часу, що не перевищує 10 хв за добу, сила змінного струму частотою 50 Гц не повинна перевищувати 0,3 мА, а постійного струму — 1 мА. Під час роботи в приміщеннях в умовах високих температур (понад 25 °С) і підвищеної відносної вологості (понад 75 %) зазначену раніше величину допустимої сили струму слід зменшити в три рази. В аварійній ситуації допустима величина сили струму залежить від часу його впливу на організм людини (табл. 3.2).

Опір організму людини. Під час проходження струму опір організму людини може змінюватися в значних межах. Він залежить як від фізико-хімічних факторів, так і від психофізіологічних. Максимальний опір має шкіра. У сухому й чистому стані при нормальних умовах праці опір шкіри коливається в межах 60...100 кОм·м. Однак зволоженість й особливо забруднення шкіри призводять до зниження її опору до 2...3 Ом·м. Опір м'язової тканини становить 1,5...3 Ом·м, крові — 1...20 Ом·м, спинномозкової рідини — 0,5...0,6 Ом·м. У цілому опір організму людини залежить від шляху проходження струму, а при збільшенні напруги опір різко зменшується (рис. 3.2).

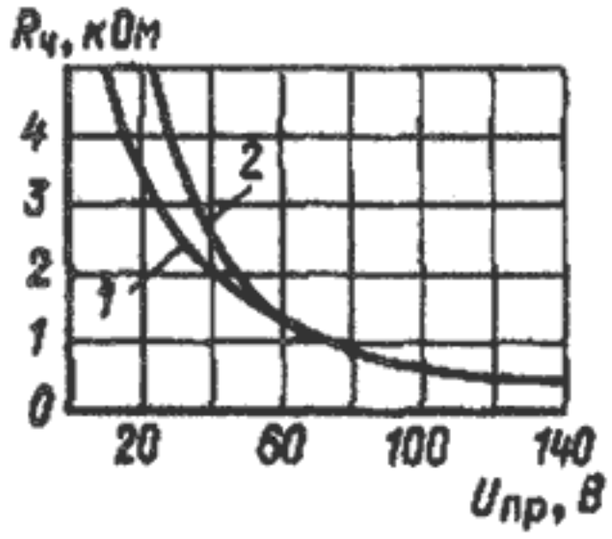


Рисунок 3.2
Залежність опору організма людини від напруги: 1 – змінний струм f = 50 Гц; 2 – постійний

Характерно, що зі збільшенням часу проходження струму через організм людини опір організму зменшується. Так, при напрузі 20…30 В через 1–2 хв опір організму знижується на 10–40 %, отже, сила струму збільшиться майже вдвічі і через якийсь час це може призвести до загибелі потерпілого.

Опір організму людини залежить також і від інших факторів. Так, утома, хворобливий стан, особливо вживання спиртних напоїв призводять до різкого зменшення опору тіла. Істотний вплив на опір тіла людини чинять зовнішні подразники: несподіваний шум, укол, удар тощо.

Розраховуючи засоби захисту від ураження струмом й оцінюючи безпеку роботи електроустаткування, за рекомендаціями Міжнародної електричної комісії (МЕК), прийнято, що при напрузі дотику $U_{дот} > 25$ В величина опору організму людини $R_ч$ становить 1000 Ом, при $U_{дот} = 25$ В $R_ч = 2500$ Ом. У нашій країні прийнято такі характеристики: якщо $U_{дот} = 50$ В, $R_ч = 1000$ Ом; відповідно, якщо $U_{дот} = 36$ В, то $R_ч = 6000$ Ом.

Напруга. Коли йдеться про визначення впливу напруги на тяжкість електротравми, мають на увазі так звану *напругу дотику*, чи *напругу ураження* (а не напругу електричної мережі). *Напруга ураження* — це частина напруги електричної мережі, що припадає на організм потерпілого. Її можна визначити за законом Ома:

$$U_{дот} = R_ч I_ч, \qquad (3.1)$$

де $R_ч$ — опір організму людини, Ом;
$I_ч$ — сила струму, що проходить через потерпілого, А.

Напруга безпосереднього не впливає на тяжкість ураження. Непрямий вплив полягає в тому, що опір організму людини залежить від напруги (рис. 3.2). Крім цього, зі збільшенням напруги зменшується час пробою шкіри. Вважається, що пробивна напруга становить 500…2000 В/мм. Оскільки товщина рогового шару шкіри близько 0,05 мм, а в електричне коло включаються одночасно два її шари, то пробій шкіри відбувається при напрузі 50…200 В, що різко збільшує силу струму, який проходить через потерпілого.

У нормативних документах вказується величина допустимої напруги в конкретних умовах тільки тому, що це єдиний параметр мережі, величину якого легко контролювати.

Вид і частота струму. З табл. 3.2 видно, що вплив змінного струму на організм людини більш небезпечний, ніж вплив постійного струму. Зі збільшенням частоти струму до 50 Гц небезпека ураження струмом зростає. Подальше збільшення частоти до 500…1000 Гц на тяжкість ураження практично не впливає. При збільшенні частоти струму (1000 Гц і більше) небезпека ураження дещо знижується. Якщо частота струму перевищує 450…500 кГц, можливі лише опіки.

Тривалість впливу струму. Зі збільшенням часу впливу струму на організм людини тяжкість травмування різко зростає. Це пояснюється тим, що опір організму людини при цьому зменшується, отже, при постійній напрузі в мережі сила струму збільшується. Крім того, зі збільшенням часу впливу струму на організм збільшується ймовірність збігу моменту впливу сили струму з моментом розслаблення серцевого м'яза.

Цикл роботи серця складається з двох фаз: перша — коли шлуночки перебувають у розслабленому стані й серце заповнюється кров'ю; друга — коли шлуночки скорочуються і кров із серця виштовхується в аорту. Розслаблення серцевих м'язів триває 0,2 с. Якщо через серце в цей час проходить струм, то серцевий м'яз під дією біоструму розслаблюється, а внаслідок впливу електричного струму стискається, перешкоджаючи нормальній роботі серця. Це призводить до зростання тяжкості травми.

Якщо час проходження струму не перевищує 0,2 с, небезпека ураження струмом значною мірою залежить від імовірності збігу моментів впливу струму й розслаблення серцевого м'яза. Отже, безпечний час впливу струму значно менший ніж 0,2 с. Досліди на тваринах показують, що якщо час впливу струму становить 1 мкс, збільшення сили струму навіть до 30…40 А в більшості випадків не призводить до смертельного наслідку. Це підтверджує також прилад — дефібрилятор, який застосовують для відновлення роботи серця. За допомогою цього приладу через серце потерпілого пропускають струм силою 4.. 5 А протягом 0,01 с. Під час проходження струму серцеві м'язи різко скорочуються, потім розслаблюються, і серце починає працювати.

Фактор уваги. На тяжкість електротравми також істотно впливає фактор уваги. Знаючи про можливість електричного удару, працівник легше реагує на це порівняно з раптовим ударом.

Топографічний розподіл опору тіла. Шкіра захищає організм людини від електротравм, тому що чинить дуже великий опір проходженню струму. Однак товщина шкіри неоднакова. Крім того, у шкірі є виходи нервових тканин, опір яких дуже незначний (ділянки шкіри з невеликим опором нерідко являють собою буквально точки діаметром у кілька десятих міліметра; таких точок відомо в даний час близько 800). Отже, дотик до струмоведучих частин електроустаткування різних ділянок тіла викликає різні за ступенем тяжкості травми.

Мікроклімат. На тяжкість електротравми істотно впливає мікроклімат. Так, підвищена температура в приміщенні призводить до виділення з організму великої кількості поту, тіло зволожується, його опір різко зменшується, отже, небезпека ураження струмом збільшується. Аналогічно на тяжкість травми впливає і збільшення *відносної вологості* повітря. Якщо відносна вологість повітря становить 90…100 %, тіло людини зволожується і небезпека ураження струмом збільшується. Відносна вологість повітря 100 % приводить до конденсації пари й виділення води в рідкому стані. При цьому стіни, підлога, устаткування також стають вологими, що робить умови роботи особливо небезпечними і значно збільшує можливість ураження струмом.

§ 3.3. Основні фактори, що визначають можливість ураження струмом у різних електричних мережах

Ураження людини електричним струмом можливе тільки в тому випадку, коли вона стає ланкою електричного кола, тобто коли через тіло людини проходить струм. Ступінь ураження залежить від багатьох факторів. Основний серед них — сила струму, що проходить через тіло людини. Тому ступінь небезпеки експлуатації електричних мереж визначається за силою струму, що може проходити через тіло людини в разі випадкового дотику до струмоведучих частин електроустаткування в різних умовах.

Розглянемо загальну систему електропостачання підприємства. Основними елементами системи є знижувальні і підвищувальні трансформатори. Однофазний трансформатор являє собою дві обмотки, зібрані на спільному магнітопроводі. Одна з них споживає електроенергію, інша віддає її споживачу. При цьому напруга у вторинній обмотці залежно від конструкції трансформатора може бути вищою, ніж у первинній обмотці, нижчою або такою ж. Трифазна мережа, відповідно, має три первинні і три вторинні обмотки.

Початки обмоток з'єднуються в одну точку. Так як напруга цієї точки відносно всіх зовнішніх виводів однакова, то вона називається *нейтральною*. Ця точка може з'єднуватися із землею. Нейтральна точка, приєднана безпосередньо до заземлювача, називається *глухозаземленою*.

Провідник, що з'єднує глухозаземлену нейтральну точку з металевими частинами електроустаткування, яка в нормальному стані не перебуває під напругою, називається *нульовим захисним провідником*.

На підприємствах застосовуються трифазні трипроводові мережі з ізольованою нейтральною точкою (рис. 3.3, б) і чотирипроводові мережі із заземленою нейтральною точкою (рис. 3.3, а).

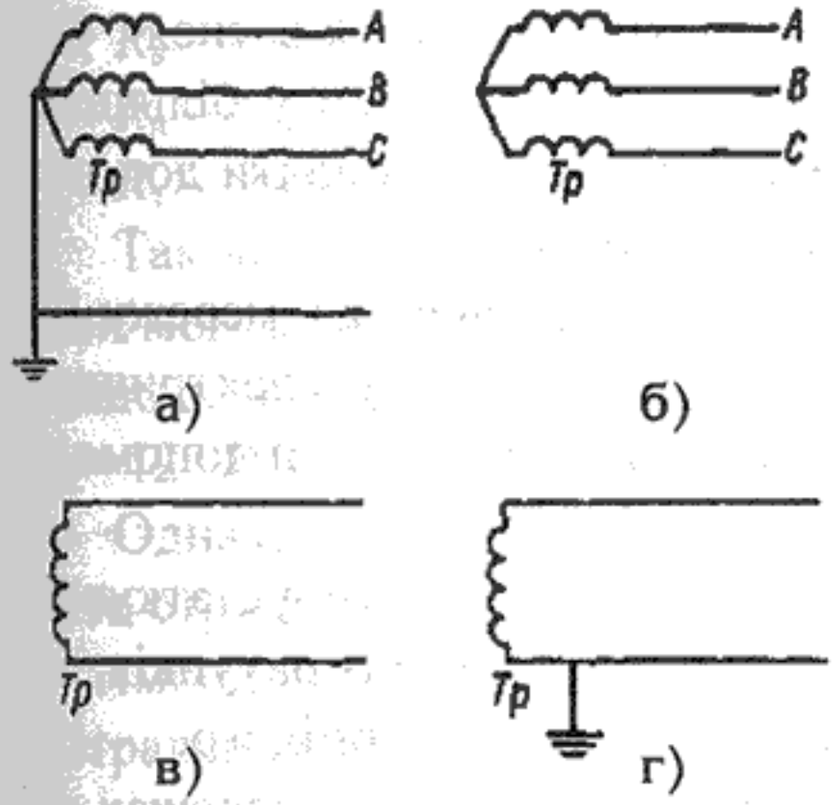


Рисунок 3.3
Схема основних електричних мереж, що застосовуються на підприємствах: а – трифазна із заземленою нейтральною точкою; б – трифазна з ізольованою нейтральною точкою; в – однофазна, ізольована від землі; г – однофазна із заземленим проводом

Напруга між двома фазами (проводами) в трифазній мережі називається *лінійною*, а між фазою і нульовим провідником — *фазною*.

Залежність між лінійною $U_л$ і фазною $U_ф$ напругою має такий вигляд: $U_л = \sqrt{3}\ U_ф$.

На підприємствах застосовуються мережі напругою 220/127 В, 380/220 В і 660/380 В ($U_л / U_ф$).

Підключаючи однофазний трансформатор до трифазної мережі, формують однофазні мережі, ізольовані від землі (рис. 3.3, в), і із заземленим проводом (рис. 3.3, г). Напруга в цих мережах може становити 12, 24, 36, 42, 127, 220, 380 і 660 В.

Електричні мережі, що мають напругу до 1000 В, називаються *низьковольтними*, напругу понад 1000 В — *високовольтними*, напругу нижче 42 В — *малими*.

Включення людини в електричну мережу може бути двофазним, однофазним у трифазних мережах й однофазним у мережах однофазних.

Двофазне включення в мережу відбувається тоді, коли людина одночасно доторкається в трифазній мережі до двох проводів різних фаз (див. рис. 3.1). У цьому випадку замикається електричне коло: «трансформатор — фаза *B* — потерпілий — фаза *C* — трансформатор». Ступінь ураження при будь-якому дотику людини до струмоведучих частин електроустаткування залежить від величини активного струму, що проходить через мережу, і ємнісного струму. У низьковольтних мережах сила ємнісного струму незначна і для спрощення розрахунку нею можна знехтувати. Тоді силу струму, що проходить через тіло потерпілого, можна визначити за законом Ома: $I_ч = U_л / (R_{пр} + R_ч)$, де $R_{пр}$ — опір проводу, Ом.

Основна трифазна мережа на суднобудівних підприємствах — мережа напругою 380/220 В. Знехтувавши опором проводів і прийнявши $R_ч$ за 1000 Ом, визначимо, що сила струму, який проходить через тіло потерпілого, $I_ч = 380 / 1000 = 0{,}380$ А. Цей струм є смертельно небезпечним.

Однак у нормальних умовах праці, коли людина здорова, а руки її чисті й сухі, коли немає причин, що могли б збільшити небезпеку в момент включення лю-

дини в електричну мережу, опір організму становить кілька десятків тисяч Ом. Навіть якщо $R_ч$ = 10 000 Ом, $I_ч$ = 380/10 000 = 0,038 А. Такий струм у більшості випадків буде невідпускаючим. Якщо такому потерпілому вчасно надати допомогу, він зазнає тільки дуже сильного удару електричним струмом.

Якщо $R_ч$ = 50 000 Ом, що також можливо, то в момент включення в мережу $I_ч$ = = 380 / 50 000 = 0,007 А, тобто людина зазнає несильного удару електричним струмом. Однак і в цьому випадку, якщо потерпілому вчасно не надати допомогу, можливе більш серйозне ураження.

Двофазне підключення людини до струмоведучих частин електроустаткування є найбільш небезпечним. Однак, як видно з наведених вище розрахунків, і в цьому випадку електротравми не завжди призводять до смерті потерпілого.

Силу струму при дотику людини до двох проводів в однофазних мережах визначають аналогічно розглянутому випадку в трифазних мережах. Але й у цьому випадку, навіть якщо $U_ф$ сягає 36 В, $I_ч$ становить 36/1000, тобто 0,036 А. Отже, струм буде невідпускаючим, і якщо потерпілому вчасно не надати допомогу, то випадок може закінчитися трагічно.

Один з таких випадків трапився за таких обставин. На суднобудівному підприємстві бригада складальників (бригадир і двоє робітників) прибирала талий сніг. Близько 16-ї години природного освітлення виявилося недостатньо, і вони взяли в коморі переносну лампу напругою 36 В. Ізоляція проводів лампи була пошкоджена. У момент підключення один з робітників тримав проводи в руках, а другий підключав. При подачі напруги лампа зайнялася і робітник, який тримав проводи, навіть не скрикнувши, був смертельно уражений струмом. У результаті ретельної перевірки спеціальна комісія відкинула можливість подачі в мережу напруги вище 36 В. На її думку, причиною смертельного випадку стали обставини, що підвищили небезпеку експлуатації переносної лампи: мокрі сніг і взуття, велика зволоженість тіла робітника.

При однофазному підключенні людини до трифазних мереж із заземленою нейтральною точкою (рис. 3.4) визначити силу струму, що проходить через потерпілого, ще складніше. Припустимо, що потерпілий торкається до одного з проводів у трифазній мережі. Тоді замикається електричне коло: трансформатор — фаза *С* — тіло потерпілого — взуття — підлога — земля — заземлювач нейтралі — трансформатор. У цьому випадку:

$$I_ч = \frac{U_ф}{R_{пр} + R_ч + R_{вз} + R_п + R_з}, \qquad (3.2)$$

де $R_{вз}$ — опір взуття, Ом;
$R_п$ — опір підлоги, Ом;
$R_з$ — опір заземлення нейтралі трансформатора.

Так як $R_{пр}$ і $R_з$ незначні, а опір взуття й підлоги важко проконтролювати, то ними можна знехтувати. Тоді $I_ч = U_ф / R_ч$, тобто ймовірність ураження буде трохи меншою, ніж у випадку двофазного дотику. Але й у цьому випадку, навіть якщо $U_ф = 127$ В, $I_ч = 127 / 1000 = 0{,}127$ А, тобто струм буде смертельно небезпечним.

Однак, якщо $R_о + R_п = 50\,000$ Ом (що реально), $I_ч = 127 / 50\,000 = 0{,}002$ А, тобто струм практично безпечний.

Імовірним є однофазне підключення людини в мережу з ізольованою нейтральною точкою (рис. 3.5). Цей випадок аналогічний попередньому. Але в таких випадках, крім опорів, зазначених у формулі (3.2), в електричне коло входить опір ізоляції проводів. Тоді:

$$I_ч = U_ф / (R_ч + R_і / 3), \qquad (3.3)$$

де $R_і$ — опір ізоляції струмоведучих частин електроустаткування.

Відповідно до правил експлуатації електроустаткування $R_і$ не повинен бути меншим за 500 000 Ом, тобто $R_ч$ у цьому випадку можна знехтувати.

Тоді навіть якщо $U_ф = 380$ В, $I_ч = 380 / 150\,000 = 0{,}002$ А, потерпілий зазнає лише незначного електричного удару. Якщо ж врахувати можливий опір підлоги й взуття, то виявиться, що однофазний дотик до струмоведучих частин у трифазних мережах з ізольованою нейтральною точкою за умови справної ізоляції проводів є абсолютно безпечним.

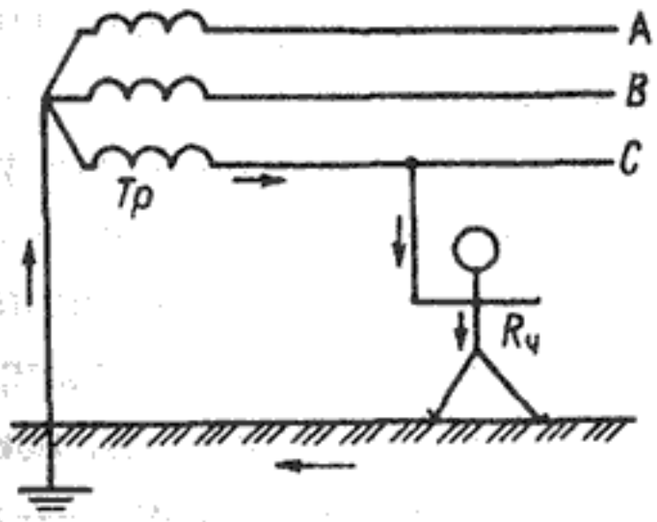


Рисунок 3.4
Схема підключення людини до фазного проводу в трифазних мережах із заземленою нейтральною точкою

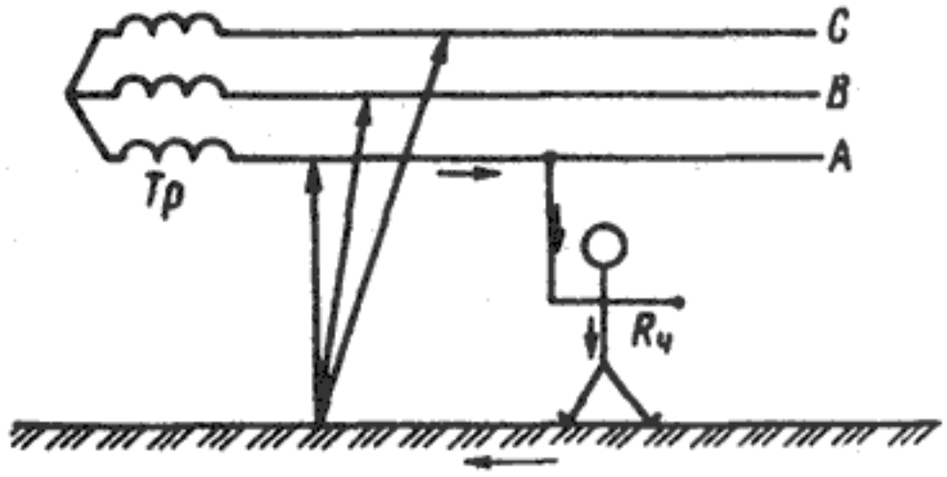
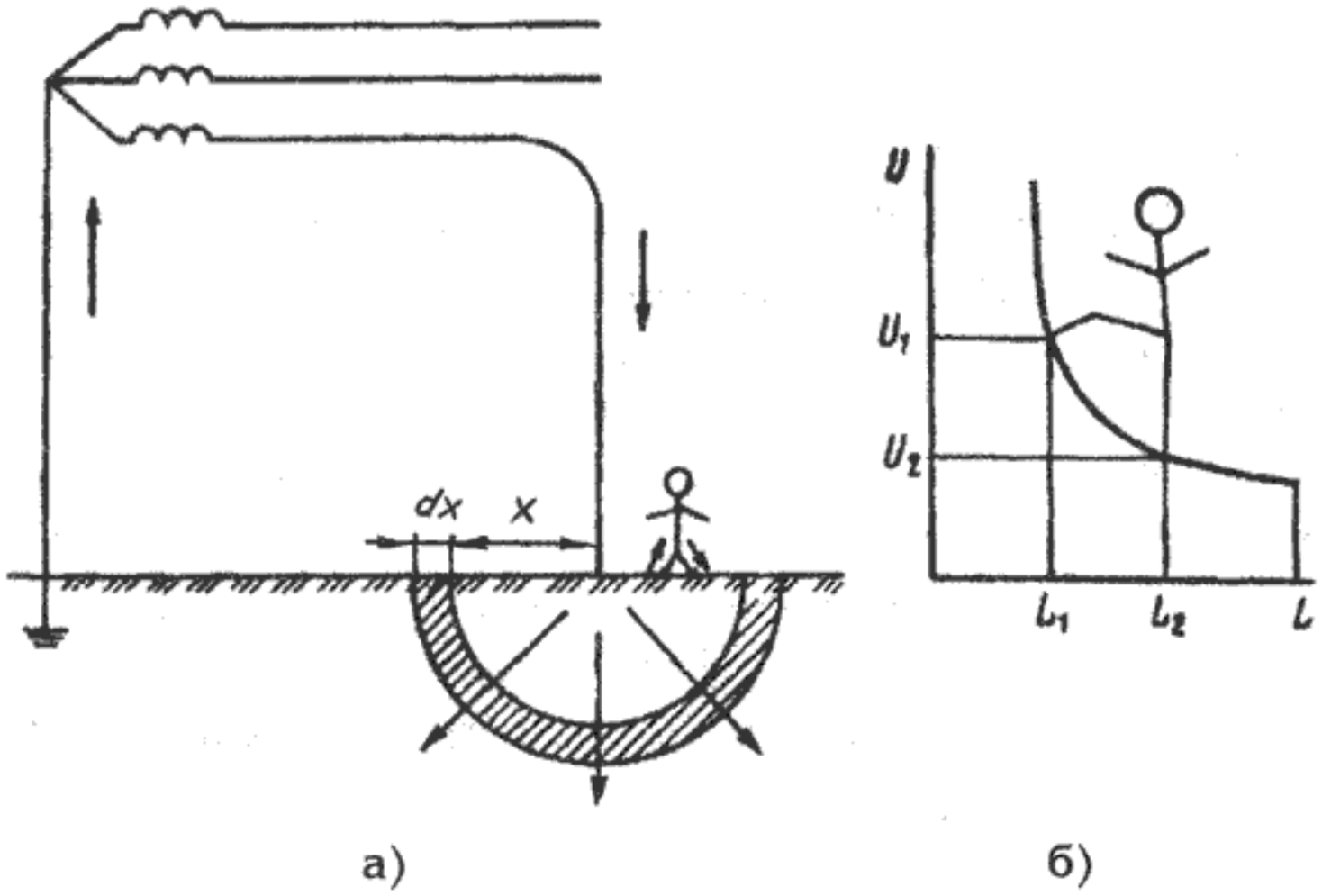


Рисунок 3.5
Схема підключення людини до фазного проводу в трифазних мережах із ізольованою нейтральною точкою



а) б)

Рисунок 3.6
Схема розподілу потенціалу на поверхні землі навколо напівкульового заземлювача (а); залежність напруги від відстані між потерпілим і місцем падіння проводу на землю (б)

У виробничих умовах мережі 380/220 В мають глухозаземлену нейтраль. Це пов'язано з тим, що навіть на одному підприємстві довжина таких мереж сягає десятків і навіть сотень тисяч метрів. У мережах є надзвичайно велика кількість з'єднань проводів, ізоляція яких виконана в робочих умовах, тому надійність її дуже низька. Це призводить до великих втрат струму й дуже утруднює контроль за справністю ізоляції. У таких умовах небезпека експлуатації електричних мереж із заземленою й ізольованою нейтраллю практично однакова.

Заходи щодо створення безпечних умов праці під час роботи з мережами із заземленою нейтраллю більш прості, що дає змогу широко впроваджувати їх на підприємствах.

Довжина мереж з напругою 1...35 кВ невелика, їх експлуатують тільки фахівці, тому в таких мережах нейтраль завжди ізольована.

У мережах з напругою понад 35 кВ ємнісний струм дуже великий. Тому ізоляція проводів втрачає своє захисне значення і в цих мережах нейтраль завжди заземлена.

Ураження струмом можливе внаслідок впливу *крокової напруги*, що виникає у випадку замикання струмоведучих частин електроустаткування на землю. Наприклад, у випадку обриву й падіння проводу на землю в мережах із заземленою нейтраллю замикається електричне коло: трансформатор — ушкоджений провід — земля — заземлювач нейтралі — трансформатор, а в мережах з ізольованою нейтраллю замикається коло: ушкоджений провід — земля — провідність ізоляції проводів (рис. 3.6).

Елемент мережі, що має безпосередній контакт із землею, називається *заземлювачем*, або *електродом*. Він може бути *випадковим* (наприклад, у випадку обриву проводів) або *спеціальним* (при облаштуванні системи захисного заземлення).

Від електрода струм іде на землю. У цілому протікання струму в землі має складний характер і залежить від складу, вологості, температури й інших параметрів ґрунту.

Щоб спростити вивчення характеристик проходження струму, припустимо, що земля однорідна і має постійну вологість, тобто її опір проходженню струму скрізь однаковий. Тоді струм буде розтікатися рівномірно в усіх напрямках і щільність його в шарі dx на відстані x буде

$$j = I_з / S,$$

де $I_з$ — струм замикання на землю, А;

S — площа, через яку проходить струм.

Якщо використовується одиночний напівсферичний електрод $S = 2\pi r^2$, щільність струму:

$$j = \frac{I_з}{2\pi r^2}, \qquad (3.4)$$

де r — радіус півсфери або відстань розглянутої точки від електрода.

З виразу (3.4) випливає: якщо r збільшується, щільність струму різко зменшується. Аналогічно змінюється і величина спадання напруги, що в загальному випадку можна визначити за формулою: $\varphi = I_з \rho / (2\pi r)$.

Об'єм землі, через яку проходить струм, називається *полем розтікання струму*. Це поле являє собою півсферу радіусом r і теоретично поширюється на велику відстань. Однак з огляду на реальну небезпеку ураження струмом радіус поля розтікання приймають таким, що дорівнює 20 м. Площа поверхні, обмежена цим радіусом, називається *зоною розтікання струму*. Якщо людина випадково потрапляє в зону розтікання струму, то її ноги опиняються під різною напругою. У цьому випадку на шляху нога — нога замикається електричне коло і через тіло людини починає проходити струм. Величина цього струму зі збільшенням довжини кроку буде також зростати й може досягти величини, небезпечної для життя людини. Цей вид ураження струмом називається *ураженням кроковою напругою*.

Ураження кроковою напругою (навіть зі смертельним наслідком) відбувається досить часто, особливо в сільській місцевості. Нерідко трапляються випадки ураження кроковою напругою і на заводах.

Зокрема, подібний випадок трапився за таких обставинах. Троє робітників одержали завдання перевезти вантаж на ручному металевому візку. На шляху їх-

нього пересування проходила лінія кабеля. Щоб переїхати через кабель, вони поклали на нього металевий лист. Коли візок наїхав на лист, кабель було пошкоджено й утворилася зона розтікання струму, у якій опинилися робітники. Один з робітників, який ішов поруч з візком, зазнав смертельного ураження, а двоє інших дістали електричний удар. Експериментальне моделювання допомогло встановити, що величина крокової напруги до автоматичного відключення аварійної ділянки електричної мережі через 1,8 с становила 70…80 В.

§ 3.4. Класифікація приміщень за ступенем небезпеки ураження електричним струмом

Небезпека ураження струмом залежить насамперед від умов зовнішнього середовища, а також від факторів, що сприяють збільшенню ймовірності ушкодження або руйнування ізоляції струмоведучих частин електроустаткування і зменшенню опору електричного кола: струмоведучі частини — потерпілий. Такими факторами є вологість, температура, пил тощо.

Висока вологість впливає на опір ізоляції струмоведучих частин електроустаткування. З одного боку, висока вологість сприяє руйнуванню ізоляції, з іншого боку — навіть незначне накопичення вологи знижує її опір, а також опір підлоги, взуття тощо.

Негативно впливає на опір ізоляції струмоведучих частин і температура навколишнього середовища. При температурі +30…+35 °С також прискорюється руйнування ізоляції струмоведучих частин, збільшується потовиділення, що знижує опір не тільки шкіри людини, а й усіх тканин її органів.

Пил, який завжди є у навколишньому середовищі, у т. ч. струмопровідний, проникає всередину електроустаткування, осідає і нагромаджується там. Це сприяє збільшенню втрат струму, тобто знижує опір ізоляції струмоведучих частин електроустаткування.

Особливо небезпечними є хімічно активні фактори — гази й пари, що руйнують ізоляцію.

Струмонепровідні підлоги із сухого дерева, лінолеуму й т. ін. унеможливлюють замикання кола людина — струмоведучі частини [див. формулу (3.2)]. У результаті забезпечується безпечна експлуатація електроустаткування.

Залежно від характеру навколишнього середовища приміщення поділяються на *нормальні, сухі, вологі, сирі, особливо сирі, жаркі, запилені й приміщення з хімічно активним середовищем.*

Нормальні приміщення — це приміщення, де відсутні умови, що сприяють підвищенню небезпеки ураження струмом. *Сухі* — це приміщення, де відносна вологість повітря не перевищує 60 %. *Вологими* вважаються приміщення, де відносна вологість сягає 60…75 %. У сирих приміщеннях відносна вологість перевищує 75 %, але на стінах і стелях немає сконденсованої вологи. *Особливо сирі* — це приміщення, де відносна вологість становить близько 100 %, а стелі, підлога, стіни й устаткування вкриті вологою.

До *жарких* належать приміщення, де температура повітря протягом тривалого часу перевищує 30 °С. *Запилені* — це приміщення, де під час технологічних процесів пил виділяється в такій кількості, що може проникати всередину устаткування і там осідати.

До *приміщень з хімічно активним середовищем* належать приміщення, де утворюються пари або відкладення, що руйнують ізоляцію струмоведучих частин електроустаткування.

Залежно від розглянутих вище умов за небезпекою ураження струмом приміщення поділяються на три класи: *особливо небезпечні приміщення, приміщення з підвищеною небезпекою і приміщення без підвищеної небезпеки.*

До *першого класу* (*особливо небезпечні приміщення*) належать приміщення, де присутня хоч одна з таких умов: особлива вогкість, хімічно активне середовище, одночасно дві чи більше умов підвищеної небезпеки.

До *другого класу* (*приміщення з підвищеною небезпекою*) належать приміщення, де наявна одна з таких умов: вогкість, струмопровідний пил, струмопровідні підлоги (металеві, земляні, залізобетонні, цегляні тощо), висока температура, можливість одночасного дотику людини до заземлених металоконструкцій будівель, технологічних апаратів, механізмів і незаземлених металевих корпусів електроустаткування.

До *третього класу* (*приміщення без підвищеної небезпеки*) належать приміщення, де відсутні умови, що створювали б підвищену або особливу небезпеку.

§ 3.5. Методи автоматичного контролю справністю за ізоляції струмоведучих елементів електроустаткування

Безпека експлуатації електроустаткування досягається за допомогою захисних заходів, що поділяються на дві групи: ті, які забезпечують захист обслуговуючого персоналу від ураження струмом при нормальній роботі електроустаткування, і те ж саме, але в аварійній ситуації.

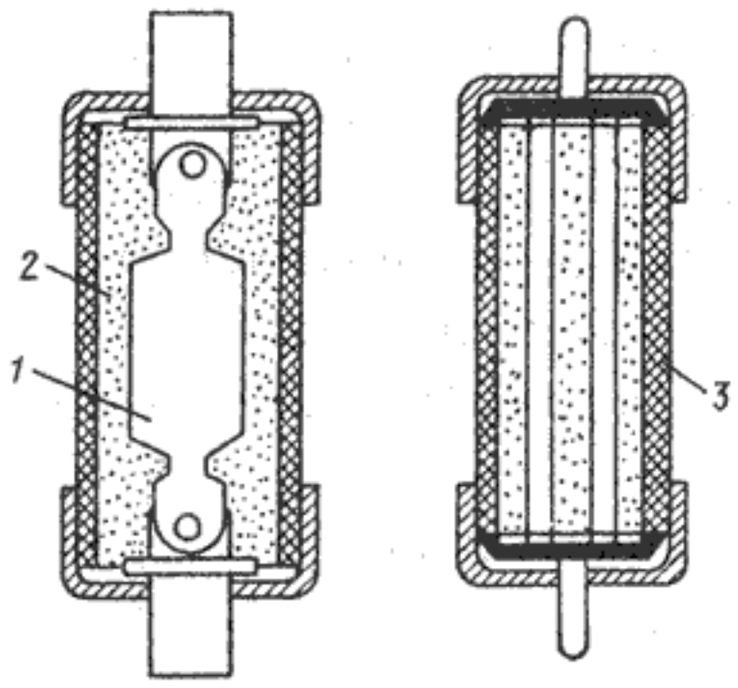


Рисунок 3.7
Будова плавкого запобіжника: 1 – плавка вставка; 2 – заповнювач; 3 – корпус ізоляційного матеріалу

Основним заходом, що забезпечує безпеку обслуговування електроустаткування при його *нормальній роботі*, є ізоляція всіх струмоведучих частин. Вона повинна бути розрахована так, щоб сила струму, яка проходить через людину, що обслуговує електроустаткування, під час його експлуатації не перевищувала значень, встановлених ГОСТом 12.1.038–82.

Аварійна ситуація виникає тоді, коли відбувається часткове або повне потрапляння напруги на неструмоведучі металеві частини електроустаткування. Якщо людина доторкнеться до них, то через її тіло проходитиме струм. Сила цього струму не повинна спричинювати хворобливі явища в організмі.

Зважаючи на психофізіологічні реакції організму людини, величина сили цього струму може бути значно більшою від сили граничних відчутних струмів (див. табл. 3.2). Зазначені величини сили й часу проходження струму через потерпілого використовуються в проектуванні автоматичного вимикання аварійних ділянок за допомогою різних пристроїв вимикання (пускачів, контакторів тощо), що складаються з датчика і виконавчого механізму.

Датчик фіксує збільшення сили струму й передає команди на вимикальний виконавчий пристрій. Найпростішим датчиком, який реагує на збільшення сили струму, є *плавкий запобіжник* (рис. 3.7). Запобіжник являє собою металевий дріт (або пластину), переріз якого розрахований так, щоб при певній силі струму він плавився й розривав електричне коло. Основний недолік такого захисту — тривалий час спрацьовування; що обмежує його застосування.

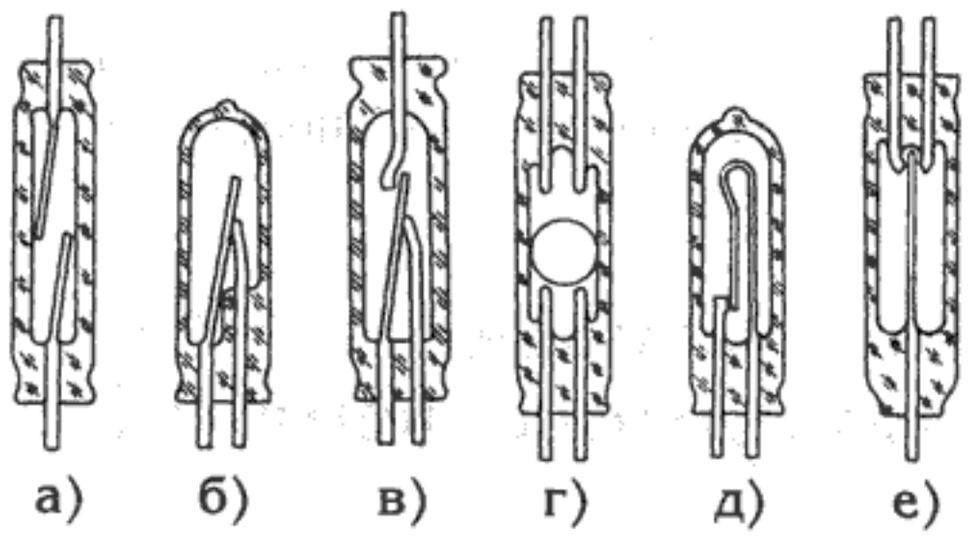


Рисунок 3.8
Типи герконів: а – ті, що замикаються; б, д – ті, що розмикаються; в, г, е – ті, що переключаються

У більшості випадків як датчик використовують *реле струму або геркони* (*герметизовані магнітокеровані контакти*), що спрацьовують при зміні сили струму. Розрізняють їх за способом взаємодії контактів. Так, унаслідок впливу агнітного потоку кон-

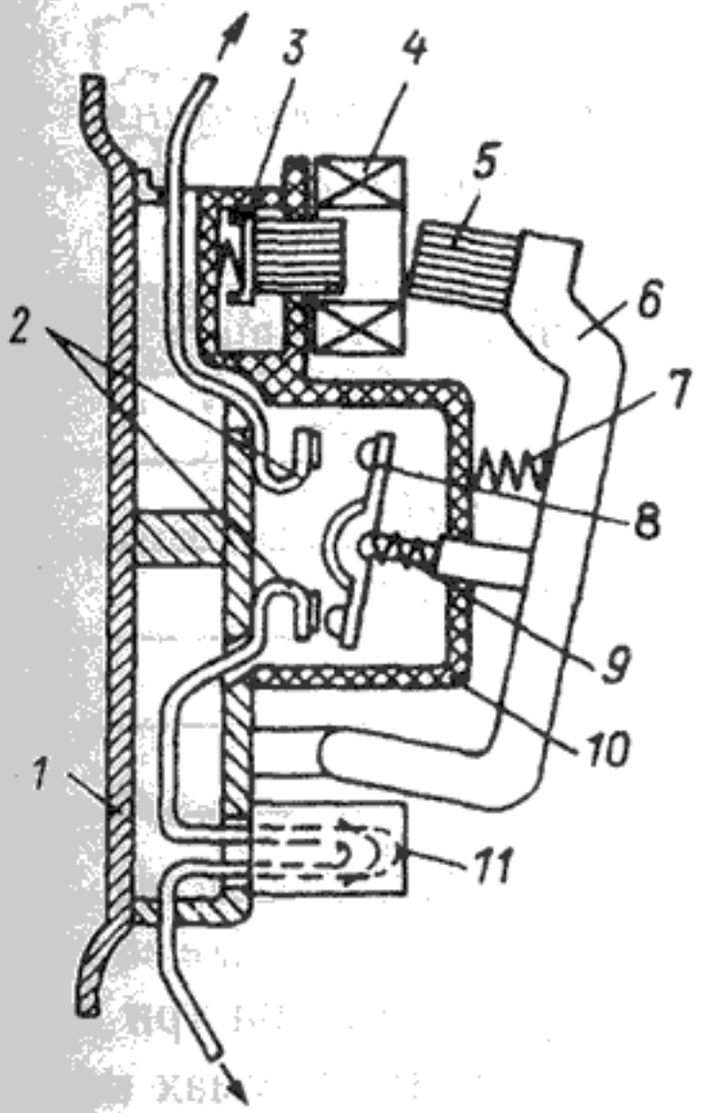


Рисунок 3.9
Конструктивна схема пускача ПАЕ: 1 – металева основа; 2 – нерухомі контакти; 3, 8 – рухомі контакти; 4 – котушка тягового електромагніта; 5 – якір; 6 – траверса; 7 – зворотня (вимикальна) пружина; 9 – амортизуюча пружина; 10 – ізоляційна стінка дугогасильної камери; 11 – теплове реле

такти можуть замикатися (рис. 3.8, а), розмикатися (рис. 3.8, б, д) чи переключатися (рис. 3.8, в, г, е). Час спрацьовування герконів типу МК становить 0,8–2 мс, а реле на герконах типу РЕС42 спрацьовує протягом 0,3–1 мс.

Виконавчий механізм являє собою пристрій, що автоматично відключає електроустаткування в аварійній ситуації. Такими пристроями є пускачі й контактори.

Конструктивну схему пускача ПАЕ зображено на рис. 3.9. Пускач працює таким чином. При його включенні замикаються рухомі і нерухомі контакти. Через теплове реле *11*, контакти *2* і *3*, котушку тягового електромагніта *4* проходить струм. У котушці виникає електромагнітне поле, яке за допомогою якоря *5* утримує траверсу *6*, а остання — контакти *2* і *3* у робочому положенні.

Якщо з якихось причин сила струму зросла, то в тепловому реле *11* контакти розмикаються, котушка тягового електромагніта знеструмлюється, під впливом пружини *7* силові контакти розмикаються й електроустановка відключається від мережі.

Залежність часу вимикання аварійних ділянок електроустаткування від типу вимикального пристрою і сили номінального струму наведено нижче (табл. 3.3).

Відповідно до «Правил технічної експлуатації електроустановок споживачів» у мережах з ізольованою нейтраллю обов'язково повинен здійснюватися автоматичний контроль справності опору ізоляції. У випадку її пошкодження аварійна ділянка повинна автоматично вимикатися за допомогою спеціальних пристроїв.

Основні вимоги до цих пристроїв такі: велика надійність у роботі; незалежність показань пристроїв від ємності й коливань напруги в мережі; можливість самоконтролю в процесі роботи, тобто у випадку несправності прилад повинен показувати нуль; великий опір, щоб уникнути значних втрат і зростання небезпеки експлуатації електроустаткування.

Таблиця 3.3

Залежність часу вимикання аварійних ділянок електроустаткування від типу вимикального пристрою і сили номінального струму

Тип	Номінальний струм, А	Час спрацьовування, с
КТ600П	100–630	0,03–0,04
КНТ	10–200	0,6
КП1	20–75	0,04
КМВ621	50	0,05
МК1	40	0,04
КН400	25–200	0,03

Пристрої автоматичного контролю опору ізоляції поділяються на три групи: на струмі або напрузі нульової послідовності, на випрямлених струмах контрольованої мережі і на постійному струмі від стороннього джерела.

Струм нульової послідовності — це сумарний струм витоку на землю через ізоляцію проводів. За умови рівності опорів ізоляції всіх трьох фаз цей струм дорівнює нулю. Коли опір ізоляції однієї з фаз знижується, з'являється струм витоку на землю, який можна використати як сигнал для вимикання аварійної ділянки.

Аналогічно виникає і *напруга нульової послідовності.* За умови рівності опору ізоляції проводів усіх трьох фаз їхня напруга щодо землі також дорівнює нулю. Якщо опір ізоляції однієї з фаз знижується, напруга щодо землі вже не дорівнює нулю. Саме її і застосовують як сигнал для вимикання аварійної ділянки.

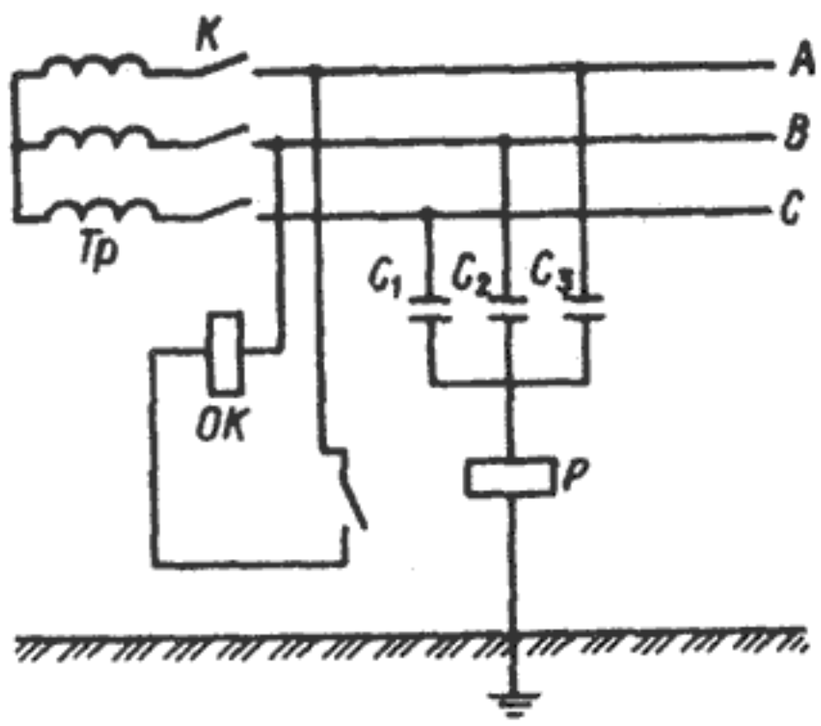


Рисунок 3.10
Принципова схема асиметра РА-74/2

Прикладом пристрою автоматичного контролю опору ізоляції першої групи є асиметр РА-74/2, що працює на напрузі нульової послідовності (рис. 3.10). Датчиком у приладі служить фільтр напруги нульової послідовності, що складається з конденсаторів C_1, C_2, C_3. Зміну напруги фіксує датчик P, який вимикає аварійну ділянку за допомогою вимикача OK.

Недолік приладів нульової послідовності — відсутність чутливості до симетричного зниження опору ізоляції проводів.

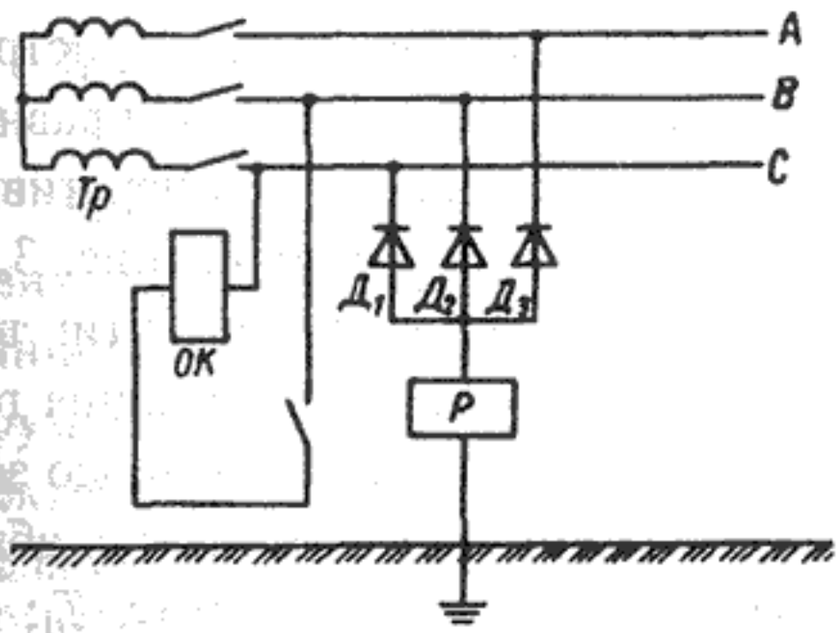


Рисунок 3.11
Вентильна схема захисного вимикання

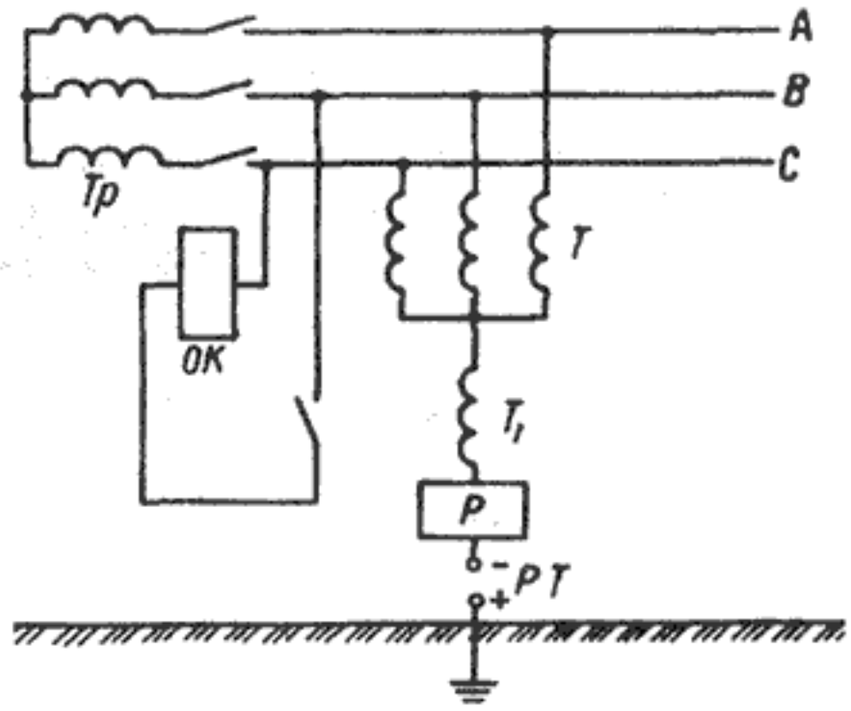


Рисунок 3.12
Принципова схема пристрою автоматичного контролю справності ізоляції проводів на оперативному струмі

Принцип роботи приладів другої групи полягає в тому, що змінний струм від трифазної мережі випрямляється і завдяки цьому через навантажувальний опір та реле електричне коло замикається на землю. Сила струму в ньому залежить від опору ізоляції струмоведучих частин електроустаткування і є вхідною величиною системи автоматичного вимикання.

Вентильну схему захисного вимикання зображено на рис. 3.11. Вона складається з трьох діодів ($Д_1$, $Д_2$, $Д_3$), що служать для випрямлення струму, реле *Р* і вимикача *ОК*.

Схема працює таким чином. При її увімкненні замикається електричне коло: фазні проводи — діоди — реле — земля — опір ізоляції проводів — проводи. Коли ізоляція справна, сила струму в колі буде невеликою і нормально відкриті контакти реле перебуватимуть у розімкнутому положенні. Якщо ж опір ізоляції проводів знижуватиметься, сила струму зростатиме. Реле замикає свої відкриті контакти, і на вимикач подається команда на вимкнення.

Достоїнство приладів, що використовують цей принцип роботи, — простота пристрою. Недолік — залежність точності контролю від коливань напруги в мережі і несиметрії опору ізоляції проводів.

Великий інтерес становлять пристрої приладів третьої групи, що працюють на оперативному струмі, тобто струмі, що проходить через ізоляцію струмоведучих частин від стороннього джерела. Його величина залежить тільки від опору ізоляції струмоведучих частин і тому може бути вхідною величиною не тільки для вимірювання опору ізоляції проводів, а й для автоматичного вимикання.

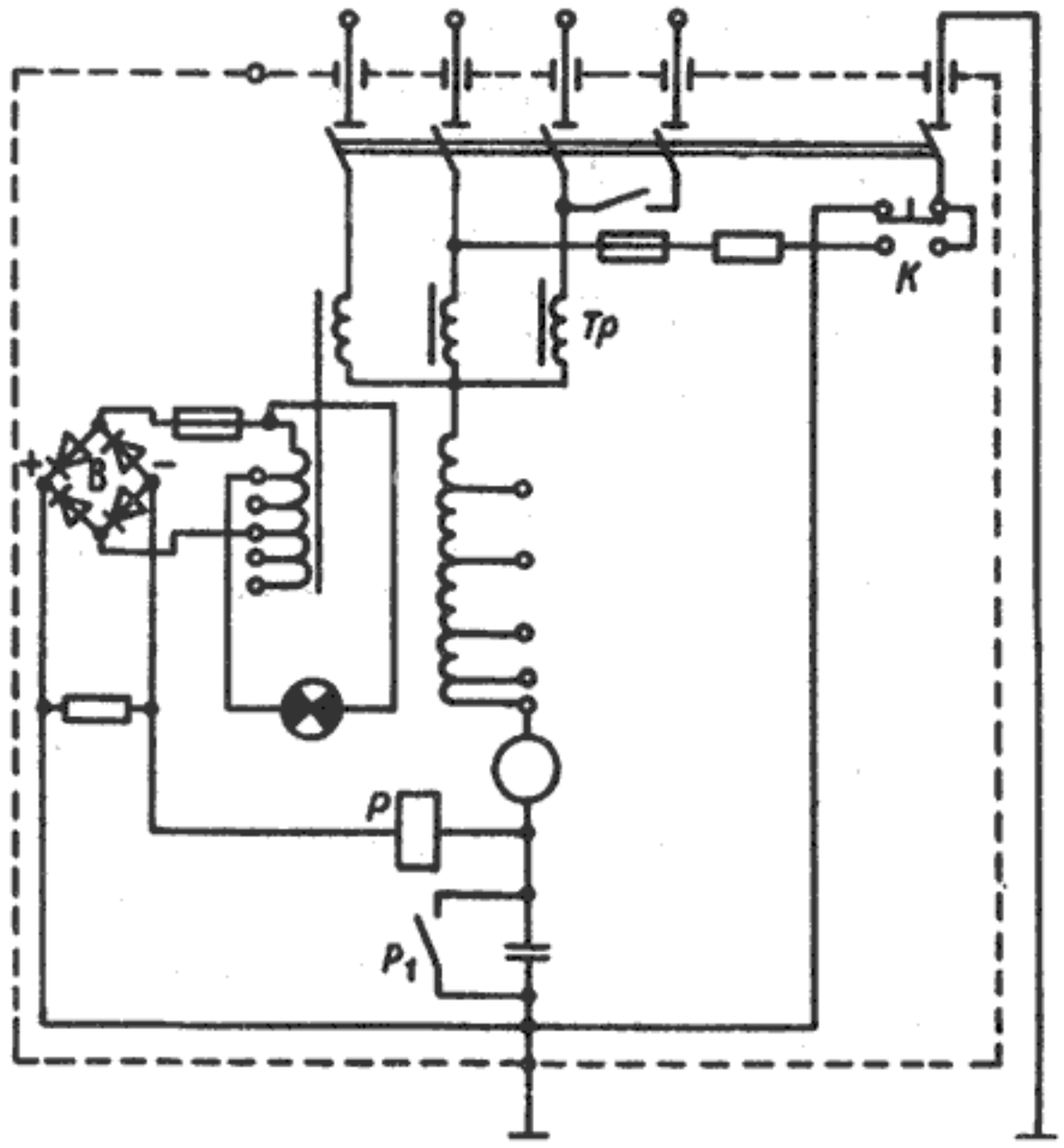


Рисунок 3.13
Принципова схема реле витоку типу РВВ

Принципову схему пристрою автоматичного контролю справності ізоляції проводів на оперативному струмі зображено на рис. 3.12. Вона включає такі елементи: трифазний дросель для одержання точки з нульовою напругою щодо землі *Т*; однофазний дросель, що обмежує витік змінного струму, T_1; реле-датчик, що реагує на збільшення сили струму у випадку пошкодження ізоляції, *Р*; автоматичний вимикач *ОК*; джерело живлення *РТ*.

Схема працює таким чином. При вмиканні джерела живлення в колі виникає сила струму, що залежить від напруги джерела й опору ізоляції струмоведучих частин. Звичайно сила струму становить декілька міліамперів і недостатня для замикання нормально відкритих контактів реле. У випадку пошкодження ізоляції або навіть випадкового дотику людини до струмоведучих частин сила струму через реле збільшується. Замикальні контакти реле замикаються, і на вимикач подається команда на вимкнення.

Даний принцип роботи використано в приладі РВВ — реле витоку вибухозахищене, що застосовується в низьковольтних мережах з ізольованою нейтраллю (рис. 3.13). Прилад складається із джерела живлення — випрямляча *В*, що працює від трансформатора *Тр*. У приладі використано дуже чутливе реле *Р*, яке спрацьовує, коли сила струму становить лише 5 мА.

Прилад працює таким чином: якщо опір ізоляції однієї фази знижується до 3500 Ом, двох фаз — до 7000 Ом, трьох фаз — до 10 500 Ом, то сила струму зростає до 5 мА і реле замикає контакт P_1, що подає сигнал на вимикач відключення. Час вимикання — 0,2 с. Перевірка справності приладу проводиться за допомогою кнопки *К*.

Достоїнство приладу — забезпечення високого ступеня безпеки працівників. Навіть якщо людина випадково доторкнеться до струмоведучих частин, прилад вимкне пошкоджену ділянку.

§ 3.6. Захисне заземлення

Захисним заземленням називається спеціальне з'єднання із землею всіх металевих частин електроустаткування, що не перебувають під напругою, але в аварійній ситуації можуть опинитися під нею. Наприклад, у випадку пробою ізоляції струмоведучих частин корпуси електродвигунів, трансформаторів та інших видів електроустаткування можуть опинитися під напругою і становити небезпеку під час їх експлуатації.

Щоб з'єднати корпуси електроустаткування із землею, використовують *заземлювачі*. Сукупність заземлювачів і металевих провідників, що з'єднують заземлювачі із заземлюваними елементами електроустаткування, називають *заземлювальним пристроєм,* чи *заземленням.*

Призначення захисного заземлення — збільшення сили струму у випадку потрапляння напруги на неструмоведучі металеві частини електроустаткування й подальше автоматичне вимикання аварійних ділянок. Крім того, захисне заземлення зменшує напругу на тих елементах устаткування, що можуть перебувати під напругою в аварійній ситуації і до яких може доторкнутися людина. Це дає змогу зменшити ймовірність ураження струмом працівників під час експлуатації електроустаткування.

Відповідно до ГОСТу 12.1.030-81 захисне заземлення застосовують:

- при змінному струмі напругою 380 В і вище й постійному струмі напругою 400 В і вище (у всіх випадках);
- при змінному струмі напругою 42 В і вище й постійному струмі напругою 110 В і вище в приміщеннях з підвищеною небезпекою, особливо небезпечних і в зовнішніх установках;
- при будь-якій напрузі у вибухонебезпечних приміщеннях.

Принцип роботи захисного заземлення — створити паралельне електричне коло, якщо існує можливість включення людини в електричну мережу аварійної ділянки (рис. 3.14).

Припустимо, що стався пробій ізоляції і на корпус електроустаткування потрапила напруга. Якщо людина доторкнеться до корпуса, то замкнеться електричне коло: трансформатор — пошкоджена фаза — корпус устаткування — людина — земля — заземлювач нейтралі — трансформатор. Зменшити ймовірність ураження струмом можна, створивши паралельне коло. Для цього корпус устаткування з'єднується металевим проводом із землею. Сила струму в паралельних колах обернено пропорційна їх опору, тобто $I_ч R_ч d_ч = I_з R_з d_з$, де $d_ч$ і $d_з$ — коефіцієнти дотику.

Знаючи, що $R_ч$ = 1000 Ом, і приймаючи в межах точності розрахунків $I_з$ = = 50 А, $d_ч = d_з = 1$ і допустиму силу струму через потерпілого $I_ч$ = 0,3 мА, можна визначити опір землі $R_з$, який зможе забезпечити абсолютну безпеку:

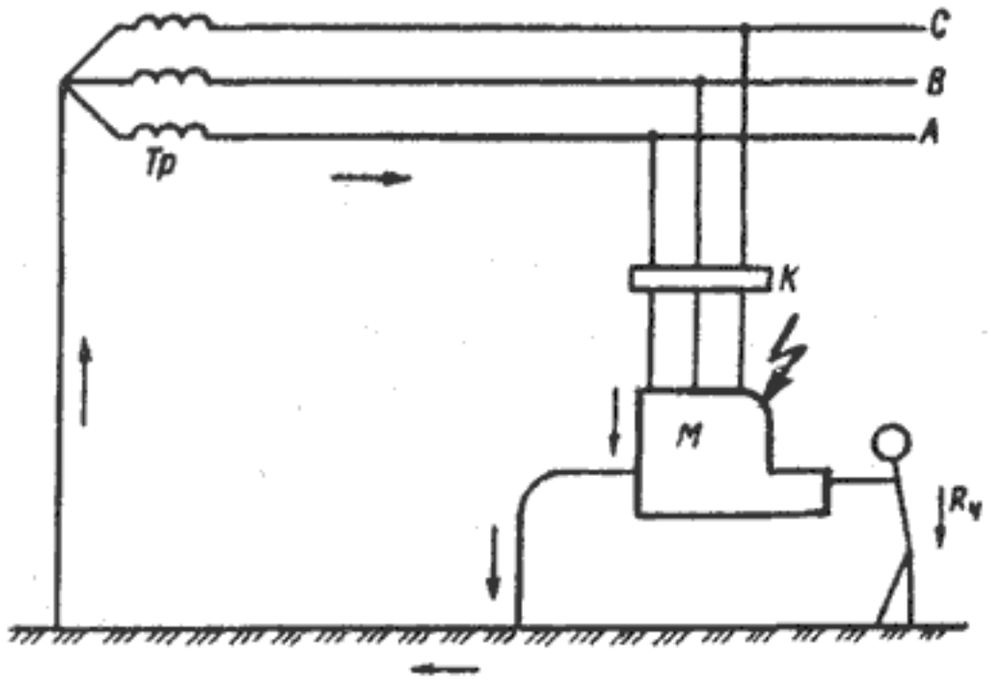


Рисунок 3.14
Принципова схема захисного заземлення

$$R_3 = \frac{1000 \times 0{,}0003}{50} \approx 0{,}06 \text{ Ом}.$$

Отже, безпеку експлуатації електроустаткування за умови, що сила струму короткого замикання $I_з$ становить 50 А, буде забезпечено тоді, коли опір заземлювача не перевищуватиме 0,06 Ом. Якщо сила струму більша (а вона часто сягає сотень ампер), $R_з$ повинен бути ще меншим.

Облаштувати заземлення з таким опором складно і часто технічно нездійсненно. Тому за Правилами експлуатації електроустановок потрібно, щоб у низьковольтних мережах опір захисного заземлення не перевищував 4 Ом (винятком є окремо встановлене устаткування із сумарною потужністю до 100 кВ·А, якщо допустима величина опору захисного заземлення не перевищує 10 Ом).

У високовольтних мережах, якщо сила струму короткого замикання не перевищує 500 А, опір захисного заземлення без компенсації ємнісних струмів не повинен перевищувати значень, обчислених за формулою (3.5):

$$R_з = 250 / I_з, \qquad (3.5)$$

а з компенсацією ємнісних струмів — значень, обчислених за формулою (3.6):

$$R_з = 125 / I_з. \qquad (3.6)$$

Але ці значення і в тому, і в іншому випадках не повинні перевищувати 10 Ом, а якщо сила струму більша ніж 500 А — 0,5 Ом.

Щоб з'єднати металеві частини електроустаткування із землею, застосовують природні і штучні заземлювачі.

Природні заземлювачі — це різні металеві частини устаткування, які за своїм призначенням можуть використовуватися і з метою заземлення, наприклад, водопровідні труби й інші трубопроводи, не покриті ізоляцією (виняток — трубопроводи, по яких транспортуються горючі рідини або вибухонебезпечні гази), металеві й залізобетонні конструкції будівель і споруд, колони, естакади, металеві оболонки кабелів тощо.

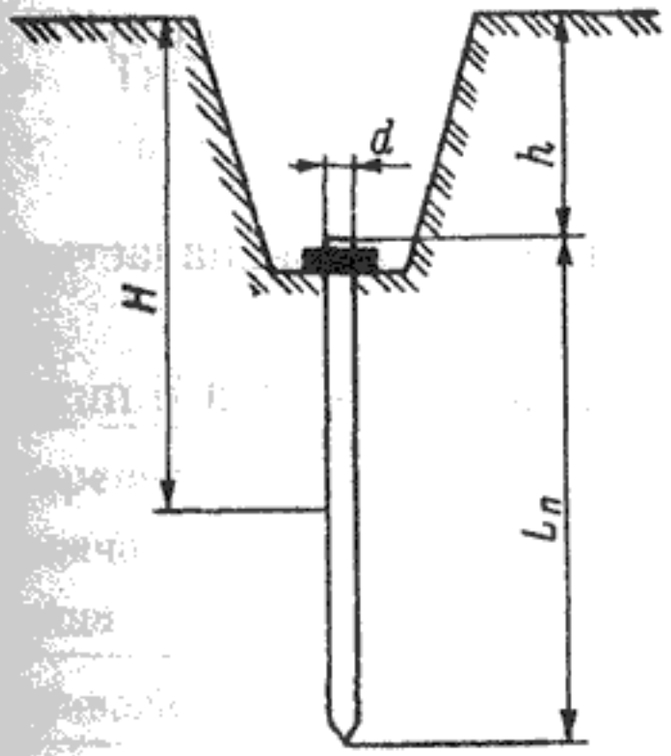


Рисунок 3.15
Схема влаштування вертикального заземлювача: L_n – довжина заземлювача, м; d – діаметр заземлювача, м; H – відстань від поверхні землі до середини заземлювача, м; h – глибина закладання заземлювача, м

Достоїнством природних заземлювачів є малий опір розтіканню струму, однак у більшості випадків огляд заземлювачів утруднений, що знижує надійність їхнього захисту.

Штучні заземлювачі — це спеціальні металеві електроди, призначені лише для заземлення. Як правило, у більшості випадків заземлювачі встановлюються вертикально, що дає змогу використовувати більш глибокі шари ґрунту, де вологість постійно велика, а отже, опір розтіканню струму незначний. Крім цього, вертикальні заземлювачі знижують напругу на поверхні землі, що зменшує імовірність ураження кроковою напругою. Слід зазначити, що таке обладнання заземлення менш трудомістке, тому що зменшується довжина траншеї для встановлення заземлювачів.

Щоб облаштувати заземлювачі (рис. 3.15), спочатку риють траншею глибиною не менш як 0,5 м.

Після цього за допомогою віброустановки забивають вертикальний заземлювач або укладають горизонтальний. При вертикальному влаштуванні у ролі заземлювачів можна використовувати металеві труби діаметром 3550 мм із товщиною стінок не менше ніж 3,5 мм і довжиною 2–3 м. Можна також використовувати кутову сталь 60х60 мм, сталеві шини, що мають поперечний переріз не менш як 100 мм² тощо. Опір одиночних заземлювачів визначають за формулами, наведеними в табл. 3.4.

Питомим опором землі називається опір об'єму землі, що має поперечний переріз S і довжину L. Одиниця вимірювання — Ом·м²/м або Ом·м (у довідковій літературі нерідко наводяться значення питомого опору в Ом·см; співвідношення між цими одиницями таке: 1 Ом·м = 100 Ом·см).

Наближені значення питомого опору ґрунту залежно від його складу такі: пісок — 400...1000 Ом·м, супісок — 150…400 Ом·м, глина — 18…70 Ом·м, суглинок — 40…150 Ом·м, чорнозем — 10…50 Ом·м. Більш точні дані про питомий опір землі можна дістати тільки експериментальним шляхом.

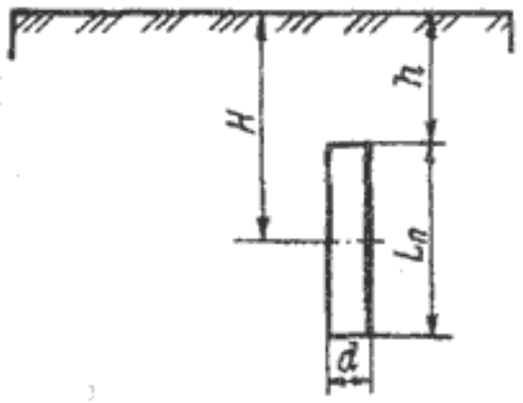
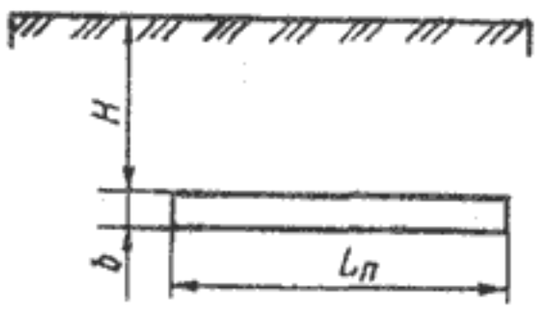
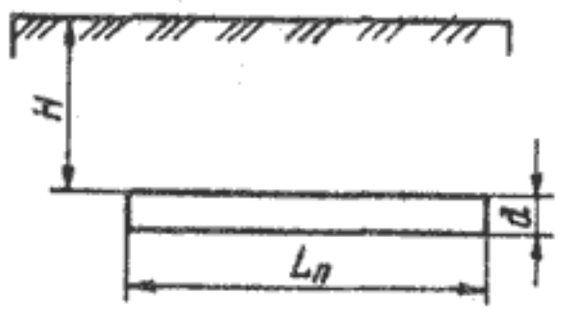
Вимірювання, як правило, проводять влітку в найбільш несприятливий період. Для розрахунків береться максимальне значення питомого опору. Це значення з врахуванням часу вимірювання, вологості ґрунту тощо визначається за формулою:

$$\rho_р = \rho_{вим} K_с K_в, \qquad (3.7)$$

де $\rho_{вим}$ — виміряний опір землі, Ом;
$K_с$ — коефіцієнт сезонності, який залежить від кліматичних зон (визначається за табл. 3.4, 3.5);
$K_в$ — коефіцієнт, який враховує вологість землі під час вимірювання її питомого опору (визначається за табл. 3.7).

Таблиця 3.4

Формули для визначення опору електродів

Тип електрода	Схема розміщення електрода	Формула для розрахунків
Трубчатий		$R_{e.m} = \frac{0{,}366\rho}{L_n}\left(lg\frac{2L_n}{d} + \frac{1}{2}lg\frac{4h+L_n}{4h-L_n}\right)$, якщо $H > 0{,}5$ м
Штабовий		$R_{e.n} = \frac{0{,}366\rho}{L_n} lg\frac{2L_n^2}{bh}$, якщо $L_n/H \geq 5$
З круглим перерізом		$R_{e.k} = \frac{0{,}366\rho}{L_n} lg\frac{L_n^2}{dh}$, якщо $L_n/H \geq 5$

Примітка. Ґрунт вважається вологим, якщо перед вимірюванням випало опадів понад норму; нормальним, якщо перед вимірюванням випала нормальна для даної місцевості кількість опадів, і сухим, якщо перед вимірюванням кількість опадів була меншою від норми.

Таблиця 3.5
Параметри кліматичних зон

Параметр	Кліматична зона			
	1	2	3	4
Середня багаторічна температура повітря, °С: нижча вища	 –15...–20 +15...+16	 –10...–14 +18...+20	 0...–10 +22...+24	 0...+5 +24...+26
Тривалість періоду замерзання води, діб	170–180	150	100	0

Таблиця 3.6
Значення коефіцієнта K_c в різних кліматичних зонах

Положення електрода	Довжина електрода, м	Стан грунту		
		вологий	нормальний	сухий
Вертикальне	3	1,15	1	0,92
	5	1,1	1	0,95
Горизонтальне	10	1,7	1	0,75
	50	1,6	1	0,8

Таблиця 3.7
Коефіцієнт, що враховує вологість грунту $K_в$

Положення електрода	Довжина електрода, м	Кліматична зона			
		1	2	3	4
Вертикальне	3	1,65	1,45	1,3	1,1
	5	1,35	1,25	1,15	1,1
Горизонтальне	10	5,5	3,5	2,5	1,5
	50	4,5	3	2	1,4

Якщо ґрунт нормальний і має питомий опір 100–400 Ом·м, то опір розтіканню струму одиночного заземлювача становитиме 10–100 Ом. Нерідко значення питомого опору ґрунту може перевищувати 500 Ом·м. У випадку, якщо пристрій виносного заземлення використовувати недоцільно, слід застосовувати спеціаль-

ну обробку ґрунту, вводячи в ґрунт, де встановлено заземлювачі, кухонну сіль. При витраті солі 30–40 кг на один електрод питомий опір ґрунту знижується в суглинку в 1,5–2 рази, у піску — у 4,5–8 разів, у супіску — у 2,5–4 рази.

Щоб забезпечити допустимий опір заземлення, встановлюють декілька (іноді десятки) заземлювачів. Заземлювачі з'єднують один з одним металевою штабою (стрічкою) — обов'язково за допомогою зварювання. До штаби підключають заземлювальний магістральний провід, що прокладається по стіні будівлі. До цього проводу за допомогою болтового з'єднання підключаються всі заземлювані елементи.

На підприємствах застосовують контурні й виносні заземлювальні пристрої (рис. 3.16).

У контурному заземлювальному пристрої *заземлювачі* розташовано по контуру майданчика, де встановлено устаткування. Достоїнство такої системи — близьке відносно заземлюваного устаткування розташування заземлювачів. Недолік — заземлювачі встановлюють у тому ґрунті, на якому знаходиться промисловий майданчик, а він нерідко виявляється сухим, піщаним, кам'янистим, тобто має значний питомий опір, що вимагає встановлення великої кількості заземлювачів.

У виносному заземлювальному пристрої заземлювачі встановлюються на спеціально обраному майданчику з незначним питомим опором ґрунту. Але при цьому збільшується довжина з'єднувальних проводів, та якщо напруга потрапляє на корпус устаткування і до нього доторкнеться людина, то вона опиниться під повною напругою відносно землі.

Мета розрахунку заземлення — визначення опору розтіканню струму заземлювача або визначення величин параметрів заземлення, що забезпечують заданий опір розтіканню струму.

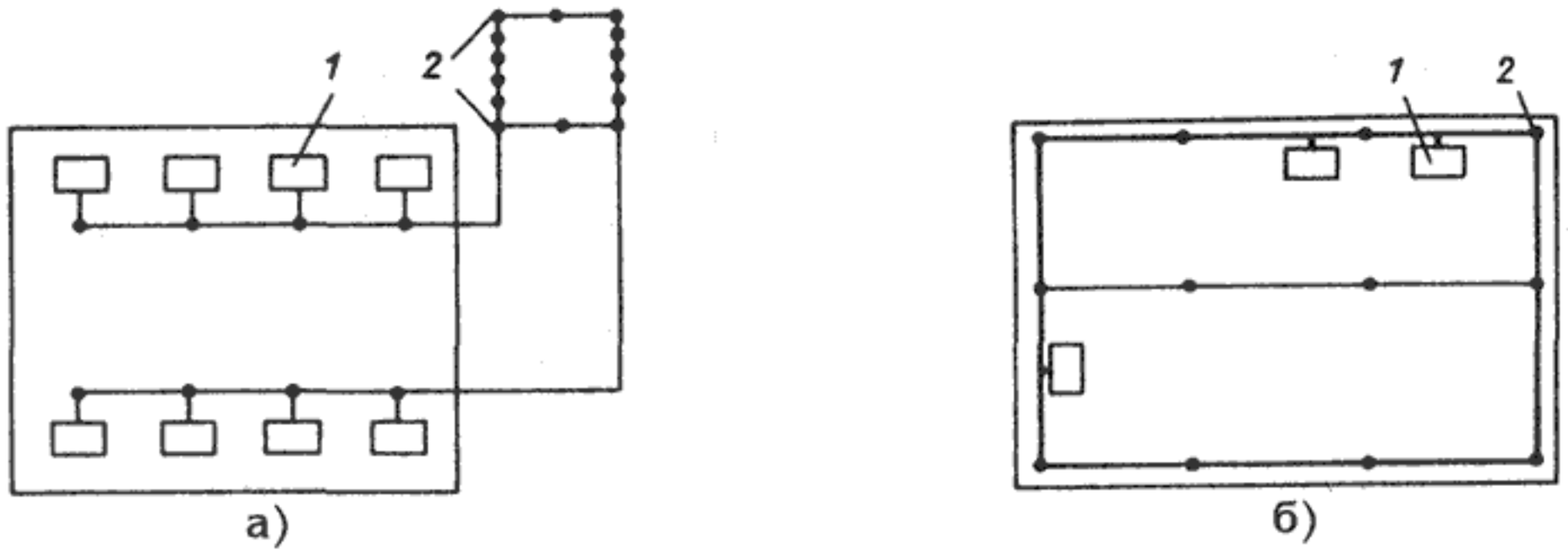


Рисунок 3.16
Заземлення: а – виносне; б – контурне; 1 – заземлювальні елементи; 2 – заземлювачі

Заземлювальні пристрої, що застосовуються на практиці, можуть бути складними і простими. До простих заземлювальних пристроїв належать заземлення, що складаються з одного чи двох рядів вертикальних або горизонтальних електродів. Такі пристрої застосовуються в низьковольтному електроустаткуванні. Складні заземлювачі використовують при високій напрузі. З огляду на обмежене поширення складних заземлювачів їх розрахунок тут не наводиться.

Опір розтіканню струму заземлювача визначають у більшості випадків при використанні природних заземлювачів. При цьому параметри передбачуваних електродів відомі і їхній опір розраховується за формулами, наведеними в табл. 3.4, або замірюється приладами. Отримане значення опору електрода порівнюється з допустимим згідно з ПУЕ.

Визначаючи величини параметрів заземлення, застосовують коефіцієнт використання електродів. Наведені в табл. 3.3 формули для розрахунку опору одиночних електродів можна застосовувати, якщо між електродами досить велика відстань (понад $10L_п$), при цьому їхній опір не залежить від місця розташування сусідніх електродів. Щоб влаштувати таке заземлення, потрібно викопати довгу траншею, отже, необхідні великі витрати. Можлива також поява крокових напруг на великих площах.

Тому, влаштовуючи заземлення, дотримуються звичайно правила: відстань між електродами повинна дорівнювати двом — трьом їх довжинам. У таких випадках при розтіканні струму внаслідок взаємодії електричних полів окремих електродів опір їх збільшується. При цьому чим більше електродів і чим менша відстань між ними, тим більше вони впливають один на одного, отже, тим менший коефіцієнт використання електродів.

Таблиця 3.8

Коефіцієнт використання паралельно розміщених горизонтальних штабових електродів $n_ш$, якщо глибина їх закладення h = 0,3–0,8 м

Довжина штаби $L_ш$, м	Кількість електродів n	Відстань між електродами L', м				
		1	2,5	5	10	15
15	2	0,63	0,65	0,75	0,80	0,85
15	5	0,37	0,49	0,60	0,73	0,79
15	10	0,25	0,37	0,49	0,64	0,72
50	2	0,60	0,69	0,78	0,88	0,93
50	5	0,33	0,40	0,48	0,58	0,65
50	10	0,20	0,27	0,35	0,46	0,53

Таблиця 3.9

Коефіцієнт використання вертикальних електродів (труби, куточки тощо) η_E при їх груповому розміщенні без врахування впливу з'єднувальної штаби

Відношення $L'/L_ш$	Кількість електродів, n						
	4	5	8	10	20	30	50
У ряду							
1	0,77	0,74	0,67	0,62	0,42	0,31	0,21
2	0,80	0,86	0,79	0,75	0,56	0,56	0,36
3	0,92	0,90	0,85	0,82	0,68	0,58	0,49
У контурі							
1	0,45	0,40	0,36	0,34	0,27	0,24	0,21
2	0,55	0,48	0,43	0,40	0,32	0,30	0,28
3	0,70	0,64	0,60	0,56	0,45	0,41	0,37

Коефіцієнт використання електродів завжди менший за одиницю. Для вертикально встановлених заземлювачів його визначають за формулою $\eta = R_з/R_п$, де $R_п$ — опір розтіканню струму вертикально встановленого заземлювача в групі з n заземлювачів. Величини коефіцієнта η для різних умов використання наведено в табл. 3.8–3.10.

Розрахунок заземлення виконують таким чином. Визначають допустимий опір заземлення й питомий опір ґрунту. Вибирають параметри заземлювача, місце його розміщення й визначають опір одиночного заземлювача (див. табл. 3.4).

Взявши наближене значення коефіцієнта η, визначають кількість заземлювачів за формулою:

$$n = \frac{R_{e.m}}{R_0 \eta}, \tag{3.8}$$

де $R_д$ — допустимий опір системи заземлення, Ом.

Визначають довжину штаби, яка з'єднує заземлювачі, за формулою:

$$L_ш = L'(n - 1), \tag{3.9}$$

де L' — відстань між заземлювачами, м.

Таблиця 3.10

Коефіцієнт використання з'єднувальних штаб $\eta_ш$ для вертикальних електродів

Відношення $L'/L_ш$	Кількість електродів, n				
	2	4	6	10	20
Електроди, розміщені в ряд					
1	0,85	0,73	0,72	0,62	0,42
2	0,94	0,83	0,77	0,74	0,56
3	0,94	0,89	0,85	0,82	0,76
Електроди, розміщені по контуру					
1	–	0,45	0,40	0,34	0,27
2	–	0,55	0,48	0,40	0,32
3	–	0,70	0,64	0,56	0,45

Вибирають коефіцієнт використання з'єднувальної штаби за табл. 3.10. Визначають опір з'єднувальної штаби за формулами табл. 3.4.

Уточнюють опір з'єднувальної штаби з урахуванням коефіцієнта використання за формулою: $R'_{е.ш} = R_{е.ш} / \eta_ш$.

Визначають необхідний опір заземлювачів $R'_д = R'_{е.ш}R_д / (R'_{е.ш} - R_д)$. Уточнюють кількість заземлювачів, визначаючи коефіцієнт їх використання за формулою $n' = R_{е.ш} / (R'_д\eta_е)$. Уточнюють довжину з'єднувальної штаби.

Приклад. Розрахувати заземлення устаткування на складально-зварювальній дільниці (на одному з підприємств м. Миколаєва) для трансформатора 6/0,4 В з ізольованою нейтраллю на стороні 6 кВ без компенсації ємнісних струмів та із заземленою нейтраллю на стороні 400 В.

Устаткування складально-зварювальної дільниці працює під напругою 220/380 В, для якої опір захисного заземлення $R_д$ становить 4 Ом.

Розрахунковий струм замикання на землю на високовольтній стороні трансформатора:

$$I_з = \frac{U_л(35l_к + l_в)}{350000},$$

де $l_к$, $l_в$ — довжина електрично зв'язаних кабельних і повітряних ліній, км.

При $l_к$ = 1 км і $l_в$ = 35 км отримаємо:

$$I_3 = \frac{6 \times (35 \times 1 + 35)}{350} = 1{,}2 \text{ А}.$$

Тоді за формулою (3.6) опір заземлення трансформатора дорівнює $R_д$ = = 125/1,2 = 100 Ом.

Так як заземлювальний пристрій використовується і для заземлення низьковольтного устаткування, для якого $R_д$ = 4 Ом, то для розрахунків остаточно беремо $R_д$ = 4 Ом.

Питомий опір землі, виміряний улітку у вологому ґрунті вертикальним електродом завдовжки 3 м, становив 170 Ом. З табл. 3.5 видно, що м. Миколаїв знаходиться в третій кліматичній зоні, звідси відповідно до табл. 3.6 і табл. 3.7 для горизонтальних електродів $K_с$ = 1,6 і $K_в$ = 2, а для вертикальних електродів $K_с$ = 1,3 і $K_в$ = 1,6.

Вирахуваний питомий опір землі для горизонтальних електродів $\rho_р$ = 170 х х 1,6 х 2 = 545 Ом і для вертикальних електродів $\rho_р$ = 170 х 1,3 х 1,15 = 250 Ом.

Передбачається, що заземлювач буде виготовлено з труби, що має діаметр 50 мм і довжину 3 м. Встановлено її буде вертикально, як зображено на рис. 3.15. Опір одного заземлювача (див. табл. 3.4) дорівнюватиме:

$$R_{e.n} = \frac{250 \times 0{,}366}{3}\left(lg\frac{2 \times 3}{0{,}05} + \frac{1}{2} \times lg\frac{4 \times 1{,}5 + 2}{4 \times 1{,}5 - 2}\right) \approx 60 \text{ Ом}.$$

Беручи до уваги розміри цеху, заземлювачі розташовують у ряд.

За табл. 3.9 для 15–20 електродів беремо орієнтовне значення коефіцієнта $\eta_е$ = 0,70. За формулою (3.8) кількість заземлювачів n = 60 / (4 х 0,70) = 22.

Відстань між заземлювачами беремо $2L_п$. Тоді за формулою (3.9) довжина штаби, що з'єднує заземлювачі, $L_п$ = 2 х 3 (22 – 1) = 126 м. Коефіцієнт використання з'єднувальної штаби з табл. 3.10 дорівнює 0,5.

Опір з'єднувальної штаби за формулою з табл. 3.4 дорівнює:

$$R_{e.n} = \frac{0{,}366 c_{\,p}}{L_n} lg\frac{2L_n^2}{bt} = \frac{250 \times 0{,}366}{126} lg\frac{2 \times 126^2}{0{,}05 \times 0{,}5} \approx 9{,}4 \text{ Ом}.$$

Уточнюємо опір з'єднувальної штаби з урахуванням коефіцієнта її використання:

$$R'_{e.n} = \frac{R_{e.n}}{\eta_n} = \frac{9,4}{0,5} \approx 19 \text{ Ом.}$$

Визначаємо необхідний опір заземлювачів:

$$R'_{д} = \frac{R'_{эд} \times R_{д}}{R'_{эп} - R_{д}} = \frac{19 \times 4}{19 - 4} \approx 5 \text{ Ом.}$$

Уточнюємо кількість заземлювачів, якщо $\eta_e = 0,6$. Отримуємо: $\eta' = 60/(5 \times 0,6) = 20$.

Уточнюємо довжину з'єднувальної штаби: $L'_n = 2 \times 3\ (20 - 1) = 114$ м.

Збільшення довжини штаби трохи зменшує загальний опір заземлення. За необхідності опір заземлення перевіряють за формулою:

$$R_з = \frac{R'_{e.n} \times R_{e.m}}{R'_{e.n} \times \eta_e \times n + R_{e.m} \times \eta_n} = \frac{19 \times 60}{19 \times 0,6 \times 20 + 60 \times 0,5} \approx 4,4 \text{ Ом.}$$

Надійність роботи захисного заземлення залежить від часу відключення аварійної ділянки й величини напруги на металевих частинах електроустаткування в аварійній ситуації.

Електроустаткування підключається до електричних мереж через пускачі, що мають максимальний або тепловий захист. Пускачі призначаються для автоматичного відключення електроустановки в аварійній ситуації.

Пускач обчислюється за *номінальною силою струму*, що визначається за формулою:

$$I_н = W / (\sqrt{3}\ U_ф),$$

де W — потужність електроустаткування, Вт.

Якщо потужність електроустановки 6 кВт і напруга 220 В, то *сила номінального струму* дорівнюватиме:

$$I_н = 6000 / (\sqrt{3} \times 220) = 16 \text{ А.}$$

Пускова сила струму в 1,5–2,5 рази перевищуватиме значення номінального струму, отже, пускач підбирається таким чином, щоб протягом тривалого часу він міг витримувати струм силою приблизно 30 А.

Якщо відбувається пробій ізоляції і замикання на землю, сила струму за законом Ома дорівнює:

$$I_з = U_ф / R_з. \qquad (3.10)$$

З рис. 3.14 видно, що повний опір електричного кола складається з опору трансформатора, проводів, опору заземлення устаткування і нейтралі трансформатора. Знехтувавши опором трансформатора і проводів та припустивши, що опір заземлення устаткування й нейтралі трансформатора дорівнює 4 Ом, з формули (3.10) дістанемо, що $I_з = 30$ А.

Отже, якщо потужність устаткування 6 кВт і більше, то сила струму замикання на землю дорівнюватиме силі номінального струму пускача або буде меншою за неї, тому в аварійній ситуації відключення устаткування не станеться.

Падіння напруги на ділянці корпус устаткування — земля (ΔU) можна визначити за законом Ома. Якщо $R_з = R_н = 4$ Ом, $\Delta U = R_з I_з = 4 \cdot 30 = 120$ В. Коли людина доторкнеться до корпуса, то сила струму, що проходить через її тіло, становитиме $I_ч = \Delta U / R_ч = 120 / 1000 = 0{,}120$ А, тобто струм буде смертельно небезпечним.

Якщо $R_з > R_н$, то, припустивши, що в зоні розташування заземлювача трансформатора пройшов дощ і $R_н = 1$ Ом, отримаємо $I_з = 220/5 = 45$ А, а $\Delta U = 4 \cdot 45 = 180$ В і $I_ч = 180 / 1000 = 0{,}180$ А.

Якщо потужність устаткування менше 6 кВт, номінальний струм пускача не перевищуватиме 30 А, тому аварійна ділянка автоматично відключиться. Час відключення залежить від типу пускача і дорівнює 0,03–0,1 с. У таких умовах сила допустимого струму, що проходить через тіло людини, становитиме 500 мА (див. табл. 3.2), тому безпеку експлуатації устаткування буде забезпечено.

Якщо потужність електроустановок перевищує 6 кВт, сила номінального струму буде значно більшою за 30 А і у випадку пробою ізоляції струмоведучих частин аварійна ділянка не відключатиметься. Отже, якщо людина доторкнеться до корпуса устаткування, то через її тіло тривалий час проходитиме струм силою 120 мА, тому можливе ураження струмом і навіть смертельний наслідок.

Отже, необхідно відзначити, що захисне заземлення не завжди гарантує безпеку експлуатації електроустаткування. Подібний випадок стався за таких обставин. Бригада робітників отримала завдання демонтувати верстат. Робітники приступили до роботи, не від'єднавши заземлювальну шину і не знявши напругу на щиті. У момент переміщення верстата один із проводів звільнився від затиску і торкнувся корпуса верстата. Робітники опинилися в колі однофазного замикання. Двоє робітників були уражені електричним ударом, третій — загинув. Розслідування показало, що автоматичний захист вимкнув аварійну ділянку протягом 2 с.

Тільки поєднавши захисне заземлення з іншими захисними засобами, можна забезпечити абсолютну безпеку експлуатації низьковольтного електроустаткування в мережах із заземленою нейтраллю трансформатора. Тому Правила технічної експлуатації електроустановок споживачами вимагають, щоб в електроустановках із глухозаземленою нейтраллю забезпечувався металевий зв'язок корпусів електроустаткування із заземленою нейтраллю трансформатора (занулення, див. § 3.8). Застосовувати заземлення корпусів електроустаткування без занулення категорично забороняється.

Автоматичне відключення електроустановок у випадку однофазного замикання може також здійснюватися за допомогою спеціальних пристроїв, які можуть бути додатковими або використовуватися замість заземлення (див. § 3.9).

Якщо використати заземлення або пристрій автоматичного вимикання з дотриманням вимог ПУЕ неможливо, допускається обслуговування електроустаткування з ізолювальних майданчиків. Ці майданчики повинні бути влаштовані таким чином, щоб поза ними випадковий дотик до заземлених металевих частин устаткування був неможливим.

§ 3.7. Прилади для контролю опору заземлення

Лише правильно визначивши *питомий опір ґрунту*, можна забезпечити надійну роботу захисного заземлення. За формулою (3.7) не можна врахувати специфічні умови залягання ґрунту в конкретному місці — вона дає тільки наближене значення опору. Вибравши майданчик і місце установки електродів, необхідно виміряти питомий опір ґрунту в декількох точках.

Під час експлуатації захисного заземлення можливі зміни рівня ґрунтових вод і їх хімічного складу, а також корозія металевих частин заземлення тощо. Усе це може призвести до зміни розрахованого опору заземлювального пристрою. Тому перед введенням заземлення в експлуатацію необхідно виміряти його опір. Надалі цехові заземлювальні пристрої повинні періодично контролюватися (один раз на рік) й обов'язково в максимально несприятливий час.

Один з найбільш розповсюджених методів вимірювання опору заземлювачів — *метод амперметра і вольтметра* (рис. 3.17). Через електроди — випробуваний $R_в$ і допоміжний $R_д$ — у землю від джерела живлення *Тр* замикається електричне коло. Силу струму в колі вимірюють за допомогою амперметра *А*. Падіння напруги на електроді вимірюють за допомогою вольтметра *В*. Щоб підключити вольтметр до кола, використовують ще один електрод під назвою зонда $R_з$. Його встановлюють на досить великій відстані від випробуваного електрода, щоб потенціал землі можна було прирівняти до нуля.

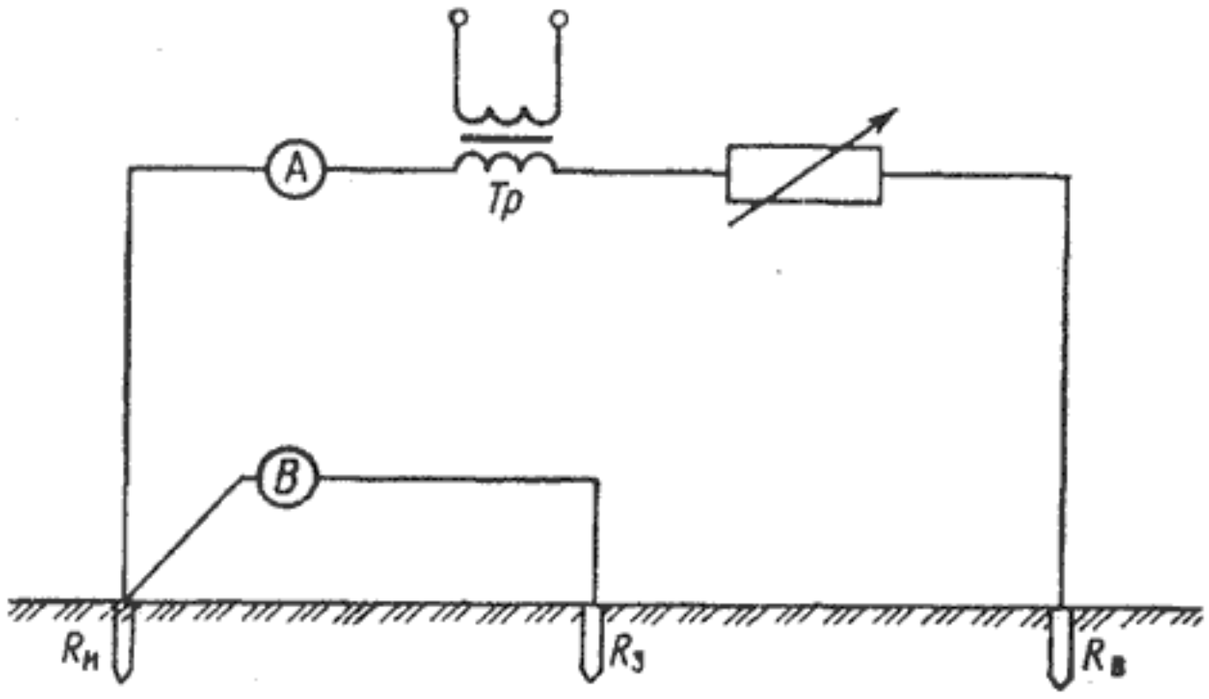


Рисунок 3.17
Схема вимірювання опору заземлювача за допомогою методу амперметра і вольтметра

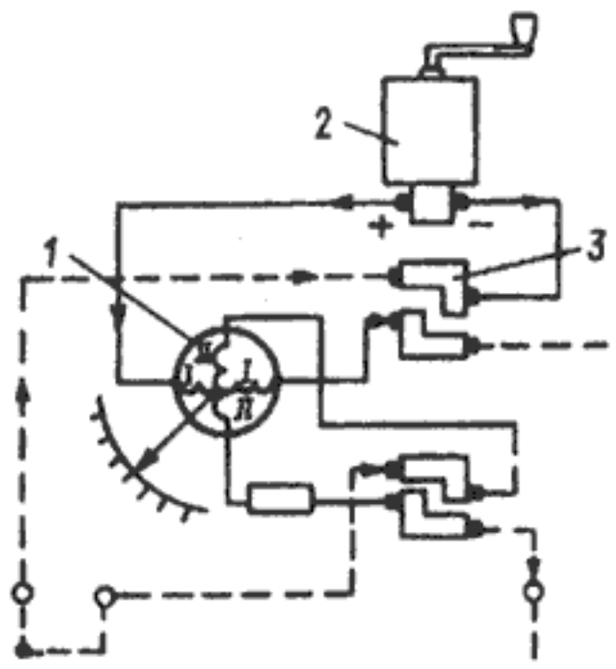


Рисунок 3.18
Принципова схема приладу МС-07: 1 – логометр; 2 – генератор постійного струму; 3 – перетворювач

Унеможливити витік струму через вольтметр і, отже, підвищити точність отриманих результатів можна: для цього необхідно, щоб опір вольтметра був якомога більшим — він повинен не менш як у 50 разів перевищувати значення опору електрода.

Щоб усунути можливий вплив втрат струму через провідність ізоляції проводів на точність вимірювань, живлення вимірювального кола повинно здійснюватися через відокремлювальний трансформатор. При цьому сила струму у вимірювальному колі не повинна бути меншою ніж 10 А.

Величину опору електрода визначають за законом Ома, тобто:

$$R_і = U / I, \qquad (3.11)$$

де U — виміряна напруга, В;

I — сила струму у вимірювальному колі, А.

Достоїнство цього методу — висока точність отриманих результатів; недолік — складність розрахунків.

Метод застосовують, коли необхідно добитися високої точності результатів. Цей метод можна застосовувати і для вимірювання опору заземлювальних пристроїв.

Щоб виміряти опір розтікання струму заземлювачів, найчастіше застосовують прилади МС-07 і МС-08. Проводячи вимірювання за допомогою приладів

МС-07 і МС-08, електроди розташовують так само, як і при вимірюваннях амперметром і вольтметром.

Прилад МС-07 (рис. 3.18) складається з логометра, генератора постійного струму і переривника. Логометр являє собою магнітоелектричний пристрій із двома рамками I–I і II–II, що входять до різних кіл.

Перше коло складається з генератора, рамки I–I, допоміжного заземлювача, ґрунту, досліджуваного заземлювача, переривника, генератора, тобто рамка I–I включається в коло як амперметр. Друге коло складається з випрямляча, зонда, ґрунту, випробуваного електрода і переривника. Паралельно до цього кола включено рамку II–II, тобто вона працює як вольтметр. При такій схемі включення прилад показує величину опору випробуваного електрода.

Прилад має три шкали: 0…10 Ом, 0…100 Ом і 0…1000 Ом, максимальна похибка становить ±10 %. Опір допоміжного електрода не повинен перевищувати 250 Ом на першій шкалі, 500 Ом — на другій і 1000 Ом — на третій. Опір зонда на всіх шкалах не повинен бути більшим за 1000 Ом. Недолік приладу — велика маса (13,5 кг).

За допомогою цих же приладів визначають питомий опір ґрунту. Для цього використовують два методи: простого пробного занурення електродів, а також ступеневого занурення електродів.

Перший метод дає змогу визначити питомий опір ґрунту без врахування його складності. Для цього електрод занурюють на необхідну глибину і за наведеною вище методикою за допомогою приладу МС-07 (МС-08) визначають його опір. Потім питомий опір ґрунту по всій довжині електрода визначають за формулою:

$$\rho_n = \frac{R_{e.m} \times pL_{e.m}}{0{,}366} lg \frac{2L_{e.m}}{d}.$$

Другий метод полягає в тому, що електрод занурюється поступово: спочатку на глибину 0,5 м, потім — на 1 м і т. д. Це дає змогу визначити питомий опір ґрунту по всій довжині електродів ρ_1, ρ_2,… ρ_n, а потім і опір окремих шарів за формулою:

$$\rho_c = \frac{L_n - L_{n-1}}{(L_n/\rho_n) - (L_{n-1}/\rho_{n-1})},$$

де n — номер відповідного шару.

Питомий опір ґрунту рекомендується вимірювати в теплий період року. Електроди під час проведення вимірювань занурюють у землю способом забивання або вдавлювання з метою більш щільного прилягання ґрунту до металу.

§ 3.8. Пристрій занулення електроустаткування

Зануленням називається електричне з'єднання металевих елементів електроустаткування, які не перебувають під напругою, із глухозаземленою нейтраллю. Провідник, що забезпечує це з'єднання, називається нульовим захисним провідником.

Занулення зменшує ймовірність ураження людини струмом при випадковому потраплянні напруги на металеві частини електроустаткування, які не перебувають під напругою.

Принцип дії занулення такий. Коли відбувається однофазний пробій ізоляції і напруга потрапляє на корпус електроустаткування, через нульовий захисний провідник замикається електричне коло з малим опором (рис. 3.19). Це дає змогу збільшити силу струму на аварійній ділянці до величини, достатньої для її автоматичного вимикання *тепловим чи максимальним захистом*.

Коли відбувається пробій ізоляції і напруга потрапляє на корпус електроустаткування, через нульовий захисний провідник замикається електричне коло: трансформатор — ушкоджена фаза — корпус устаткування — нульовий захисний провідник — нейтральна точка трансформатора.

Так як опори проводів трансформатора і фазного провода незначні ($R_{пр}$ = 0,10 Ом), то сила струму в цьому колі буде залежати тільки від опору нульового захисного провідника. Згідно з ПУЕ, провідність цього провідника повинна становити не менш як 50 % провідності фазного проводу, тобто його опір повинен не більше ніж у два рази перевищувати опір фазного проводу.

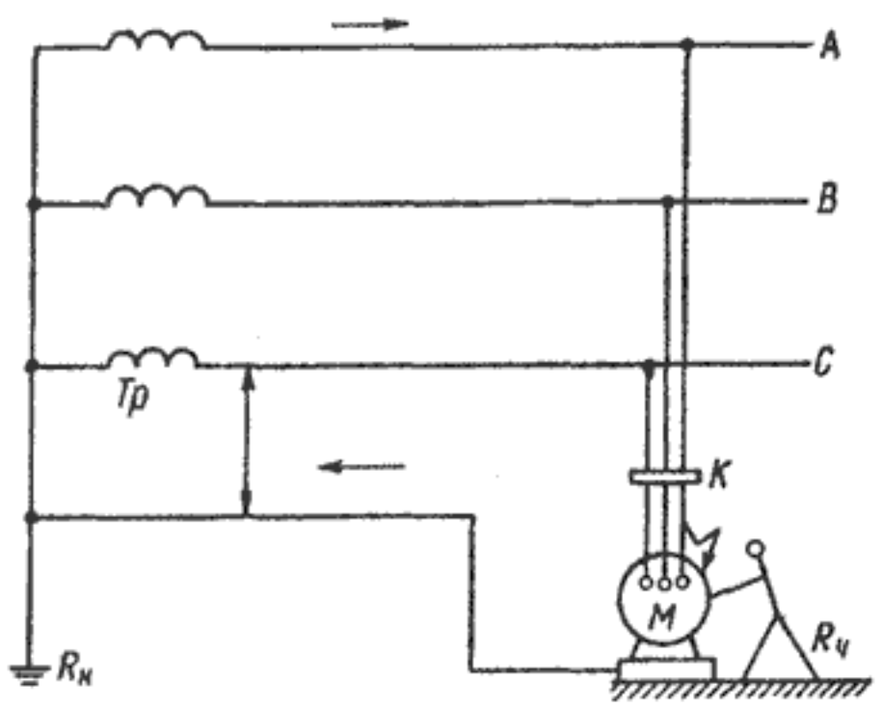


Рисунок 3.19
Принципова схема занулення

Якщо $R_{пр}$ = 0,1 Ом, $R_н$ = 0,2 Ом і $U_ф$ = = 220 В, то сила струму в цьому колі I = = 220 / 0,2 = 1100 А. Струму такої сили буде достатньо для вимикання будь-якого низьковольтного устаткування.

Отже, якщо є занулення, аварійна ділянка вимкнеться автоматично завдяки тепловому або максимальному захисту. Однак і в цьому випадку до відключення аварійної

ділянці корпус електроустаткування буде перебувати під напругою $U = 1000 \cdot 0{,}1 = 100$ В. Коли людина доторкнеться до корпуса електроустаткування, що перебуває під напругою, то замкнеться електричне коло: трансформатор — ушкоджена фаза — корпус — потерпілий — земля — заземлена нейтраль — трансформатор. У цьому колі сила струму $I_ч = 100 / 1000 = 0{,}1$ А, тобто якщо час відключення аварійної ділянки більший за 0,5 с, то сила струму є смертельно небезпечною.

Отже, умови праці безпечні лише тоді, коли автоматичні пристрої вимикають аварійну ділянку не пізніше ніж через 0,5 с. Однак і в цьому випадку внаслідок збігу низки факторів, які підвищують ступінь небезпеки, усе-таки зберігається можливість електротравмування. Але ймовірність дотику обслуговуючого персоналу до корпуса електроустаткування в аварійній ситуації, що триває протягом 0,5 с, і збіг несприятливих обставин дуже невеликі. Тому електротравми за цих умов, по суті, малоймовірні, що і підтверджує практика експлуатації електроустаткування.

Занулення застосовують у тих же умовах, що і заземлення. Правила експлуатації електроустаткування забороняють застосовувати заземлення без занулення.

§ 3.9. Пристрої автоматичного відключення аварійних ділянок

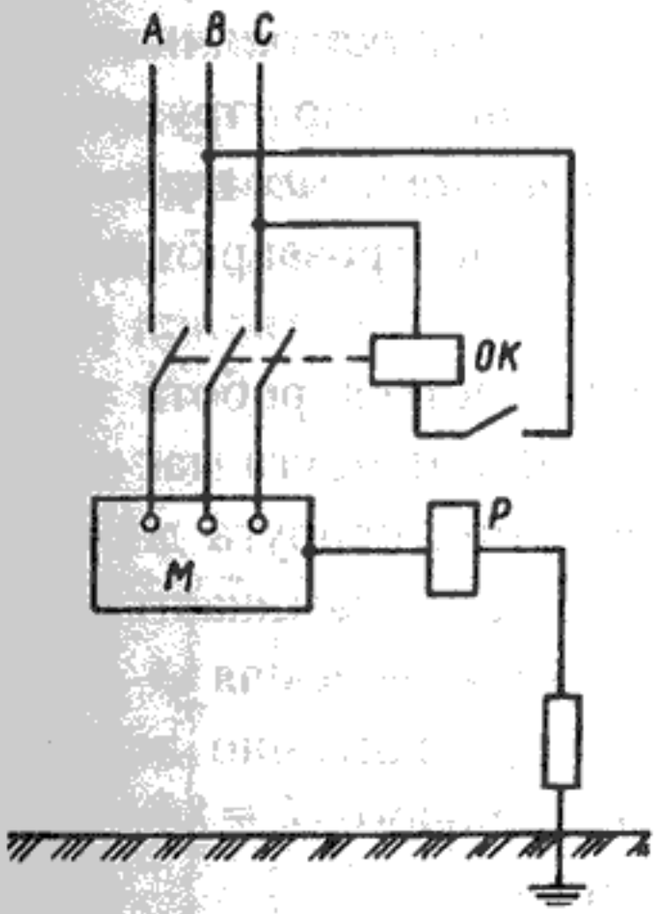


Рисунок 3.20
Принципова схема будови захисного вимкнення, що реагує на появу напруги на корпусі устаткування

Пристрої, що реагують на напругу на корпусі устаткування. Призначення цих пристроїв — зниження ймовірності ураження струмом, якщо на металевих частинах електроустаткування, що не перебувають під напругою, в аварійній ситуації з'являється напруга.

Принципову схему такого захисного пристрою зображено на рис. 3.20. Датчиком у цій схемі є струмове реле, що включається між металевими неструмоведучими частинами електроустаткування і спеціальним заземлювачем. Щоб підвищити надійність роботи захисту, заземлювач встановлюють поза зоною розтікання струму від заземлення, тобто на відстані не менш як 20 м від останнього електрода заземлення. Якихось особливих вимог до заземлювача в цьому випадку не висувається.

Захисний пристрій працює таким чином. Коли на корпусі електроустаткування *М* з'являється напруга, замикається електричне коло: ушкоджена фаза — корпус — реле — заземлювач — земля», потім у мережах із заземленою нейтраллю замикається коло «заземлювач нейтралі — трансформатор, а в мережах з ізольованою нейтраллю — коло: провідність ізоляції проводів — фазний провід — трансформатор.

Коли напруга підвищується до максимально допустимого значення для даного реле *Р*, останнє замикає або розмикає контакти, що керують роботою вимикача *ОК*, який вимикає аварійну ділянку.

Достоїнством такого захисту є те, що він спроможний вимкнути аварійну ділянку при будь-якій величині напруги, навіть при незначній напрузі на корпусі електроустаткування, яка може з'явитися, коли опір ізоляції струмоведучих частин електроустаткування дещо знижується.

Недоліком такого захисту є те, що виявити місце пошкодження надзвичайно важко і до усунення несправності захист працювати не дозволяє. Відбувається це тому, що у виробничих умовах усі неструмоведучі металеві частини електроустаткування заземлюються й зануляються, тобто все електроустаткування має електричний зв'язок. Отже, якщо на корпусі якогось електроустаткування виникає напруга, то вона з'являється на всіх металевих частинах електроустаткування цеху, будинку тощо.

Такий захист застосовують в окремо встановлених електроустановках як доповнення до захисного заземлення або замість нього, якщо з якихось причин заземлення малоефективне або його встановлення технічно чи економічно утруднене.

Пристрій для зниження напруги холостого ходу зварювальних трансформаторів. Призначення захисту — безпека експлуатації електрозварювального устаткування.

Холостим ходом електрозварювального апарата називається робота трансформатора без навантаження (зварювання). При цьому $I = 0$, а напруга має максимальне значення. Для більшості апаратів ручного зварювання напруга дорівнює 70–80 В. Якщо зварник змінює електрод без захисних засобів, то замикається електричне коло: трансформатор — фазний провід — потерпілий — земля — нульовий робочий провід — трансформатор. Опір усіх проводів практично дорівнює нулю. У таких випадках сила струму, що проходить через потерпілого, $I_ч = 80 / 1000 = 0{,}080$ А, тобто струм практично є смертельно небезпечним.

Правила експлуатації електроустаткування вимагають, щоб напругу холостого ходу в особливо небезпечних приміщеннях було відключено чи знижено до 12 В, а в приміщеннях з підвищеною небезпекою — до 36 В.

Принцип роботи такого захисту полягає в тому, що безпосередньо у зварювальне коло за допомогою спеціального трансформатора або інших пристроїв

включається струмове реле, яке при замиканні або розмиканні зварювального кола включає або виключає зварювальний апарат.

Найпростішим пристроєм, що працює за таким принципом, є автомат вимикання зварювального трансформатора під час холостого ходу (рис. 3.21). Автомат складається з теплового реле *РТ* типу РС4 542006 з контактами $РТ_1$, магнітного пускача *МП* з підключенням до його контактів, що замикаються, конденсатора $С_1$ типу КБГ ємністю 4 мкФ, напругою 600 В та опору *R* типу ПЕВ з опором 5 Ом і напругою 30 В, теплового реле *Р*-1 типу РЕ-6, діодів $Д_1$, $Д_2$, $Д_3$ типу Д7Ж, конденсаторів $С_2$, $С_3$ типу КБГ.

Автомат працює в такий спосіб. При подаванні напруги на зварювальний апарат *Тр* його первинна обмотка одержуватиме живлення через опір *R* і конденсатор $С_1$. Це дає змогу, підбираючи величину опору *R*, дістати у вторинній обмотці будь-яку необхідну в даному випадку безпечну напругу. Коли зварник замикає електродом через метал, що зварюється, електричне коло, у вторинній обмотці напруга знижується, спрацьовує реле *Р-1* і подає напругу на магнітний пускач МП. Він спрацьовує і замикає контакти $МП_1$ і $МП_2$. При цьому контакти $МП_1$ зашунтують ємність *С* та опір *R*. Трансформатор буде працювати на повну потужність.

Якщо зварювальне коло замкнуто, напруга у вторинній обмотці знизиться, реле *Р-1* розімкне свій відкритий контакт $Р_1$, і котушка *МП* одержуватиме живлення через розмикні контакти реле $Р_2$.

Коли процес зварювання припиняється, через реле *Р-2* проходить струм, реле спрацьовує і розмикає коло контактами *Р-2;* котушка *МП* знеструмлюється, і схема повертається до вихідного стану.

Щоб зняти напругу холостого ходу зварювального трансформатора, найбільш придатними є апарати АСН-1 та АСН-30.

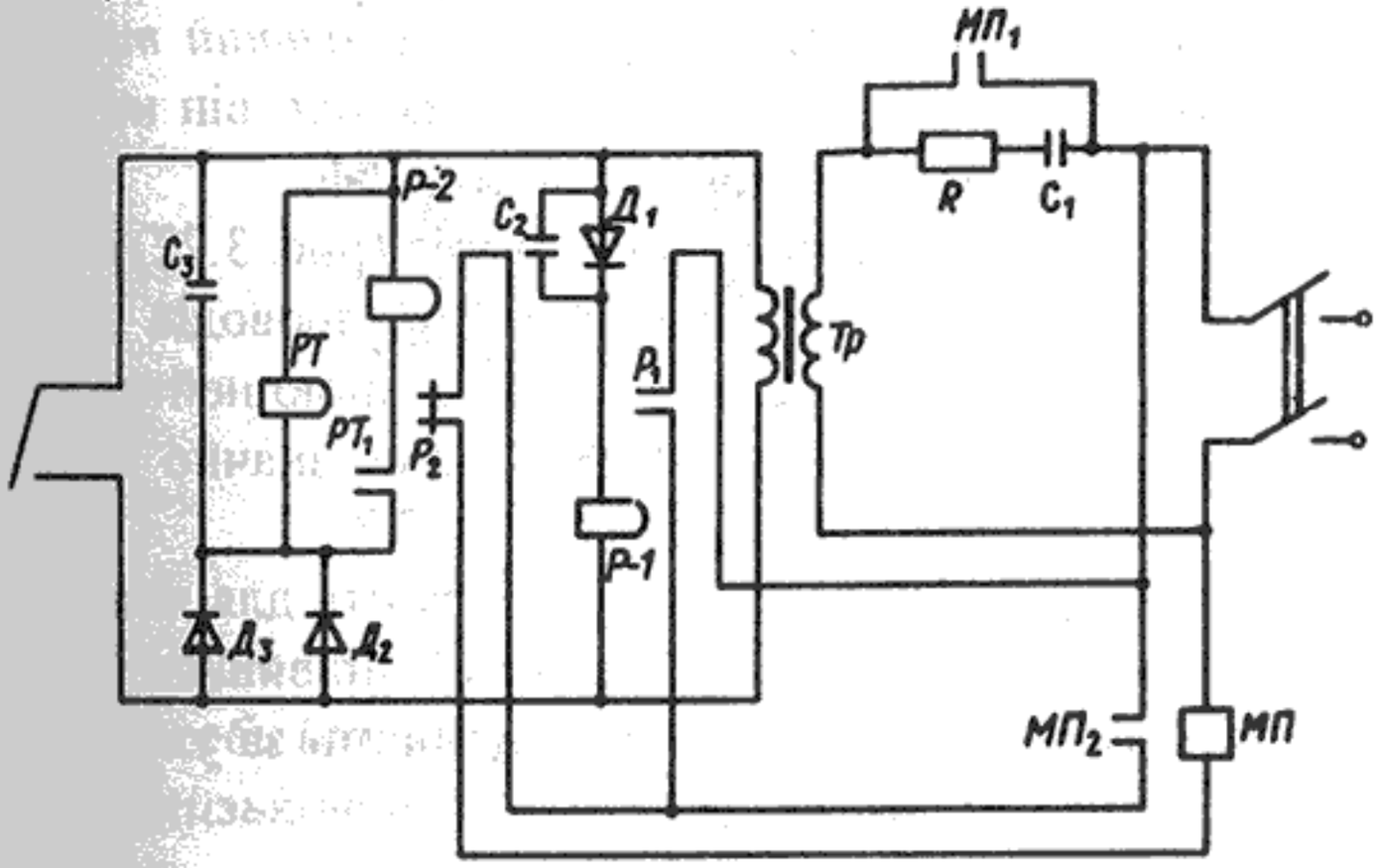


Рисунок 3.21
Принципова схема автоматичного вимикання напруги холостого ходу зварювального трансформатора

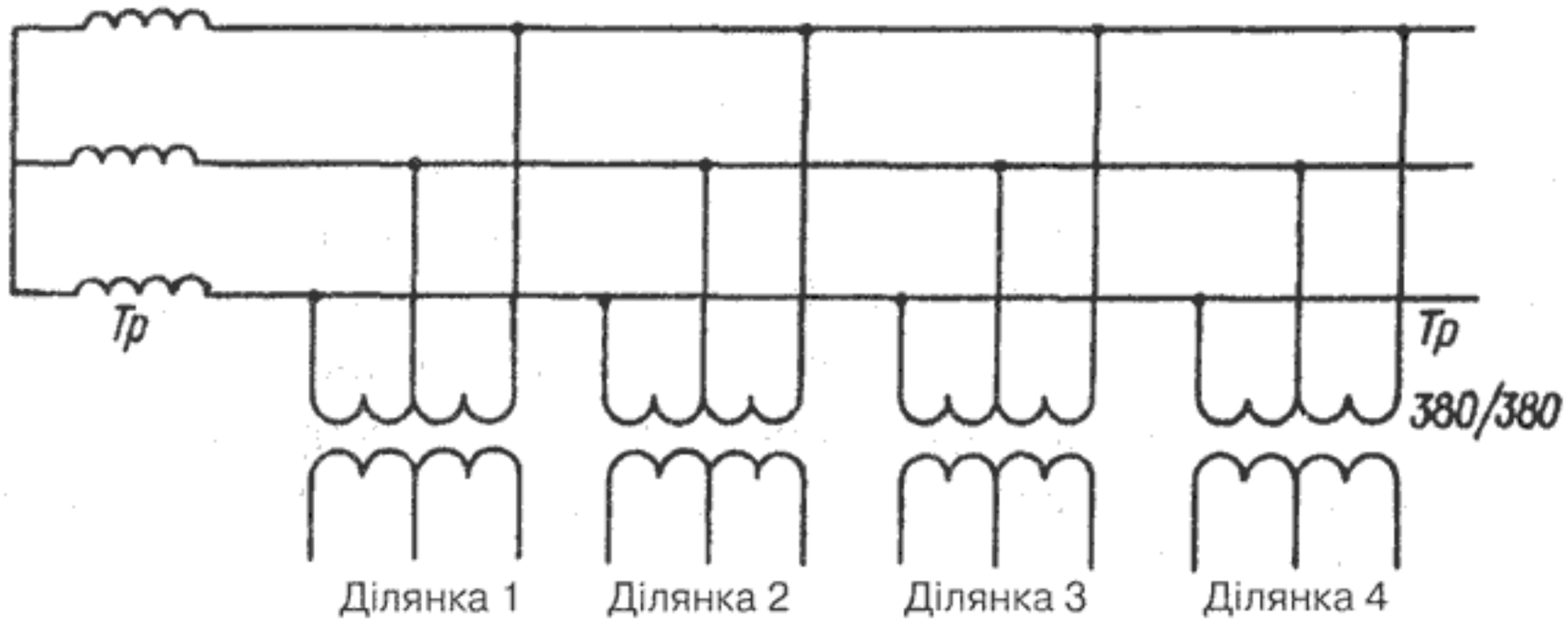


Рисунок 3.22
Принципова схема еклектропостачання підприємства з використанням відокремлювальних трансформаторів

Знижувальні й відокремлювальні трансформатори. Фактично, зниження напруги до 12–36 В в електроустановках тільки зменшує імовірність і тяжкість електротравм, але, як випливає з § 3.3, електротравми навіть зі смертельним наслідком не виключені. Однак якщо знижувальний трансформатор одночасно є і відокремлювальним, то безпека експлуатації устаткування значно підвищується.

З формули (3.3) видно, що в мережах з ізольованою нейтраллю при справній ізоляції ($R_и \geq 0{,}5$ МОм) однофазний дотик у нормальних умовах праці є практично безпечним. Слід зазначити, що утримання ізоляції всіх струмоведучих частин у справному стані в цих мережах — нелегка справа.

Щоб підвищити надійність контролю й утримання в справному стані опору ізоляції струмоведучих частин, електричні мережі поділяють за допомогою відокремлювальних трансформаторів на окремі ділянки. *Відокремлювальний трансформатор* відрізняється від знижувальних і підвищувальних тим, що він не змінює напругу — на первинній і вторинній котушках напруга однакова.

За умови використання відокремлювальних трансформаторів (рис. 3.22) електрична мережа поділяється на окремі ділянки, на яких довжина проводів зменшується. Це дає змогу застосовувати електричні мережі з ізольованою нейтраллю і надійно контролювати опір ізоляції струмоведучих частин, отже, значно підвищувати безпеку експлуатації електроустаткування.

Відокремлювальні (знижувальні) трансформатори застосовують для живлення ручного електроінструменту під час роботи в приміщеннях з підвищеною небезпекою, особливо небезпечних приміщеннях і поза приміщеннями за умов, що підвищують небезпеку експлуатації електроустаткування.

§ 3.10. Індивідуальні засоби захисту, що застосовуються під час роботи електроустановок

У процесі експлуатації електроустаткування нерідко трапляються такі ситуації, коли необхідно провести дрібний ремонт або інші роботи на його струмоведучих частинах, не знімаючи напруги, наприклад, перевірити величину напруги, замінити запобіжники й т. ін. Безпека під час проведення цих робіт досягається завдяки індивідуальним засобам захисту.

За призначенням індивідуальні засоби захисту поділяються на *основні й додаткові.*

Конструктивна особливість *основних індивідуальних засобів захисту* — можливість витримувати робочу напругу. У високовольтних установках такими засобами захисту є ізолювальні штанги, ізолювальні кліщі, електровимірювальні кліщі, покажчики напруги й інші пристрої; у низьковольтних — слюсарно-монтажний інструмент з ізольованими ручками, вимірники напруги, діелектричні рукавички, калоші, боти, чоботи, покажчики напруги й т. ін. (рис. 3.23).

Інструмент з ізольованими ручками повинен мати ізольовану частину довжиною не менш як 100 мм, а щоб уникнути випадкового зіслизання рук, на кінцях ручок обов'язково повинен бути упор.

Додаткові індивідуальні засоби захисту підвищують безпеку роботи при використанні основних засобів захисту. Працюючи на високовольтному устаткуванні, слід використовувати додаткові засоби захисту — ті, які є основними засобами захисту для низьковольтного устаткування: інструмент з ізольованими ручками, діелектричні рукавички, калоші тощо, а працюючи на низьковольтному устаткуванні — ізолювальні дерев'яні підставки, гумові коврики тощо.

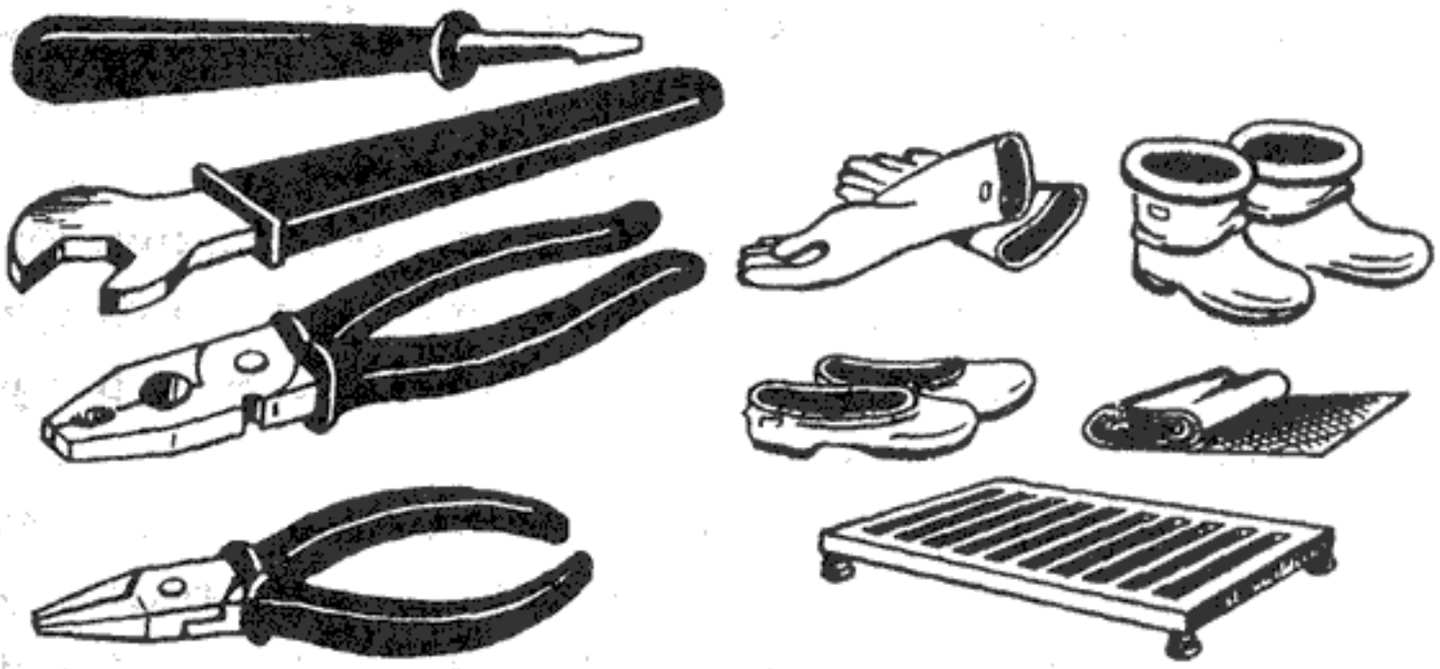


Рисунок 3.23
Засоби індивідуального захисту від ураження електричним струмом у низьковольтних мережах

Таблиця 3.11

Норми й терміни періодичних випробувань індивідуальних засобів захисту

Засоби захисту	Напруга, кВ		Тривалість випробувань, хв.	Струм витоку, мА	Строк випробування, міс.
	робоча	випробовувальна			
Рукавички діелектричні	будь-яка	6	1	6	6
Калоші діелектричні	< 1	3,5	1	2	12
Слюсарно-монтажний інструмент	< 1	2	1	–	12
Покажчик напруги для низьковольтного устаткування	< 0,5	1	1	–	12
Покажчик напруги для високовольтного устаткування:					
ізолювальна частина	2–35	< 40	5	–	12
робоча частина	2–10	20	1	–	12

Безпека під час роботи з використанням індивідуальних засобів захисту є гарантованою лише за умови їх справності. Тому всі індивідуальні засоби захисту періодично проходять електричні випробування (табл. 3.11).

§ 3.11. Надання першої допомоги при електротравмах

Тяжкість електротравми й позитивний результат надання першої допомоги залежать від часу проходження струму через потерпілого. Тому дуже важливо якнайшвидше звільнити потерпілого від джерела надходження струму й негайно почати надавати допомогу.

Найпростішим способом звільнення потерпілого від надходження струму є вимкнення електричної мережі. При цьому необхідно пам'ятати, що, якщо потерпілий знаходиться на висоті чи у вертикальному положенні, то він може впасти. Це не тільки збільшить тяжкість травми, а й може призвести до смертельного випадка. Крім того, при вимкненні мережі можливе відключення системи освітлення, що за відсутності денного світла може утруднити надання першої допомо-

ги. Це також може не тільки збільшити тяжкість травми, а й стати причиною смерті потерпілого.

Якщо виникають певні складності з відключенням електричної мережі з причин, зазначених вище, або якщо вимикач знаходиться далеко чи в недоступному або невідомому місці, можна відтягти потерпілого від струмоведучих частин, використовуючи для цього сухий одяг, сухі дерев'яні елементи устаткування, діелектричні чи сухі брезентові рукавички, діелектричні чи прості сухі боти, чоботи або інше взуття, перерубати або відтягти провід тощо.

В усіх цих випадках необхідно пам'ятати, що, надаючи допомогу, слід обов'язково вжити заходів для своєї безпеки, тому що в противному випадку можна теж дістати електротравму.

Особливі запобіжні заходи потрібно вживати, надаючи допомогу в електроустановках високої напруги й при ураженні кроковою напругою. В останньому випадку в зону розтікання струму можна входити тільки в сухому взутті або рухатися таким чином, щоб довжина кроку дорівнювала нулю, тобто ноги треба пересувати поступово на відстань ступні, підійти впритул до потерпілого, узяти його на руки і так само вийти із зони розтікання струму.

Якщо обірвався провід, за допомогою сухих дерев'яних елементів устаткування або інших захисних заходів слід відтягти провід подалі від потерпілого — на відстань мінімум 15–20 м — і тільки після цього надавати допомогу. Якщо відтягти провід можна тільки на 5–10 м, то потерпілого необхідно винести із зони розтікання струму.

Надаючи першу допомогу, необхідно пам'ятати, що електротравми мають тривалий так званий прихований період, тобто період наслідків травми, що може призвести також до трагічного кінця.

На одному із суднобудівних підприємств подібний випадок стався за таких обставин. Під час роботи 20-річний робітник доторкнувся до труби, що випадково виявилася під напругою 220 В. Струм пройшов шляхом «права рука — нога», при цьому напруга дотику була значно меншою, ніж напруга в мережі. Потерпілий зазнав електричного удару, однак, як йому здавалося, він не втратив працездатності і тому продовжував працювати. Лише через годину робітник відчув утому, з'явився біль у серці. Через дві години через сильні болі потерпілий змушений був припинити роботу, а потім звернутися до лікаря, який і діагностував тахікардію. Тільки п'ятиденне лікування з дотриманням строгого постільного режиму зняло біль. Однак як тільки потерпілий приступив до роботи, біль з'явився знову. Лише після лікування протягом 50 днів потерпілий видужав повністю.

В іншому аналогічному випадку для повного відновлення здоров'я і працездатності потерпілому знадобилося аж півтора року. Ось чому в разі електричного

удару, навіть якщо самопочуття й працездатність потерпілого не погіршилися, його необхідно обов'язково звільнити від роботи не менше ніж на три години й викликати лікаря. Тільки лікар може дати дозвіл на подальше продовження роботи.

Якщо потерпілий унаслідок електричного удару втратив свідомість, але дихання й робота серця нормальні, то його необхідно винести на свіже повітря, покласти горизонтально, розстібнути одяг і залишати під наглядом до приходу лікаря.

Нормальне дихання — це самостійна робота легень з частотою вдихів 10–12 разів за хвилину, що визначається за підніманням й опусканням грудної клітки. Якщо дихання слабке, нечітке, неритмічне чи уповільнене, то кров недостатньо насичується киснем. Оскільки це може призвести до кисневого голодування організму, то в таких випадках необхідно негайно зробити штучне дихання.

Штучне дихання можна робити за допомогою спеціальних апаратів: РПА-1, РПА-2 чи РП-2. Якщо таких апаратів немає, то штучне дихання проводиться методом «рот у рот» чи «рот у ніс», тобто той, хто надає допомогу, видихає повітря в рот або в ніс потерпілого через спеціальну трубку, тканину або марлю (рис. 3.24, 3.25).

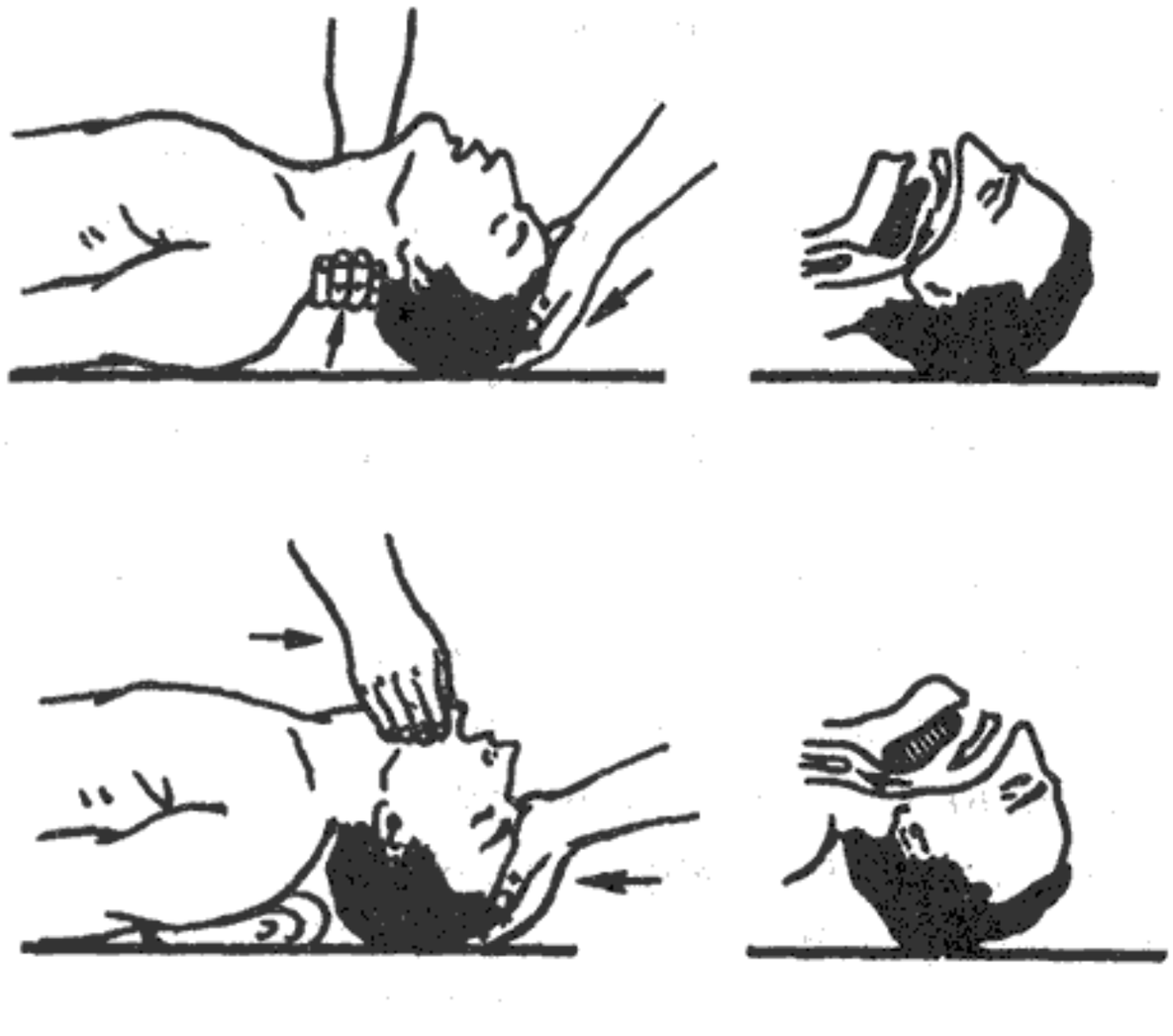


Рисунок 3.24
Послідовність підготовки потерпілого до штучного дихання методом «рот у рот»

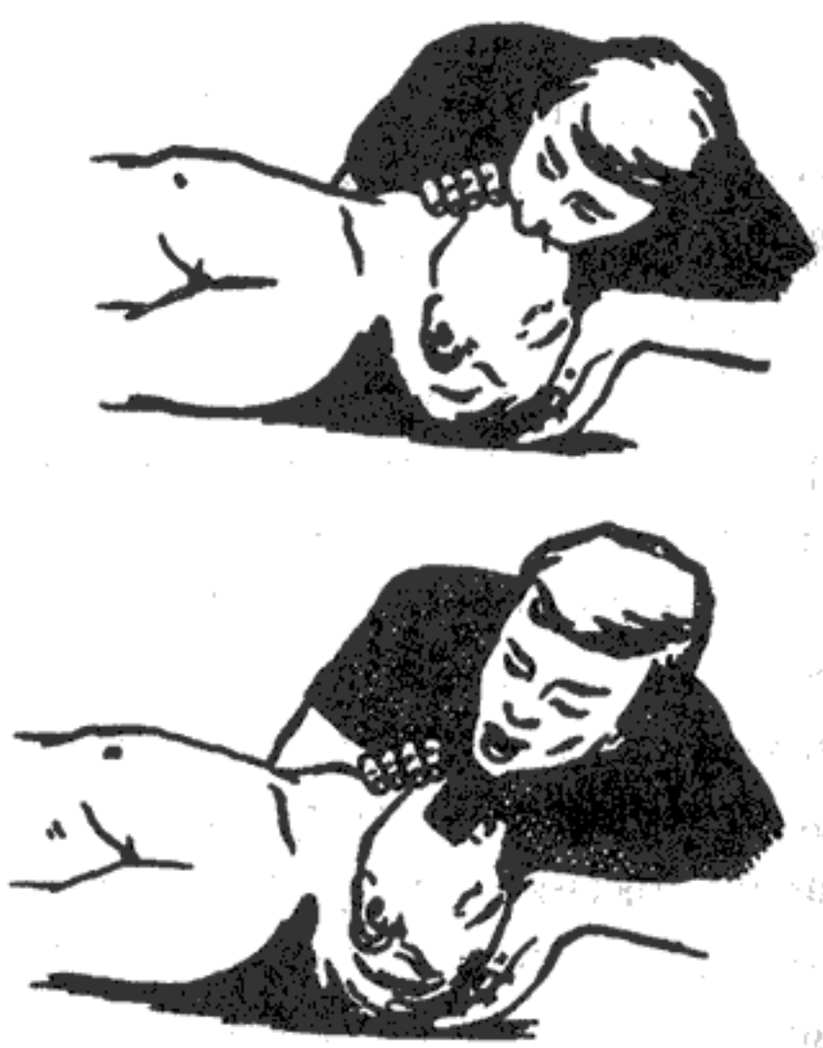


Рисунок 3.25
Положення потерпілого і того, хто надає допомогу, під час проведення штучного дихання методом «рот у рот»

Достоїнство цього методу — у легені потерпілого надходить 1000–1500 мл повітря. При цьому в організм не тільки надходить значна кількість повітря, а отже, і кисню, а й відбувається механічне подразнення повітрям, що надходить, нервових закінчень легень, і нервові імпульси надходять у центр головного мозку, що керує дихальними рухами. Частота вдування повітря повинна бути 10–12 разів за хвилину, тобто через 5–6 с.

Роботу серця контролюють за частотою пульсу або прослуховують серцеві тони, приклавши вухо до лівої половини грудей потерпілого. Якщо робота серця порушена, роблять непрямий масаж. Для цього необхідно розстібнути одяг потерпілого і, поклавши його горизонтально, різко, із зусиллям 20–25 кг двома руками поштовхами через 1 с натискати на нижню частину грудної клітки. Рекомендується чергувати масаж серця (10–15 натискувань) зі штучним диханням (2–3 вдихування).

Загальне самопочуття потерпілого контролюється за станом зіниць очей. Розширення зіниць свідчить про погіршення самопочуття.

Якщо потерпілий знепритомнів, легені і серце не працюють, тобто наступила так звана клінічна смерть, то допомогу (масаж серця і штучне дихання) необхідно почати надавати негайно. Клінічна смерть — це поступове відмирання окремих органів унаслідок кисневого голодування. При раптовій зупинці серця чи легень у здорової людини вона триває 7–9 хв. Практика показує, що якщо перша допомога надається навіть через 3–5 хв, то ймовірність позитивного результату становить 50 %.

Першу невідкладну допомогу необхідно продовжувати надавати до приходу лікаря. Тільки лікар має право робити висновок про припинення допомоги потерпілому. Відомі випадки, коли життя до потерпілого поверталося через 3–4 год, а іноді і через 10–12 год надання допомоги.

Контрольні запитання

1. *Як можна уявити механізм ураження людини електричним струмом?*
2. *Чому не існує безпечних сили й напруги електричного струму?*
3. *Як впливають окремі параметри електричних мереж на тяжкість ураження струмом?*
4. *Як впливає індивідуальна чутливість людини на тяжкість ураження струмом?*

5. *Чому у виробничих умовах застосовують мережі із заземленою нейтраллю, а в побутових — з ізольованою?*
6. *Чому не можна використовувати заземлення устаткування без занулення?*
7. *Чи необхідно заземлювати зварювальні апарати в складально-зварювальному цеху і пральну машину — в побутових умовах?*
8. *Чому ручний електроінструмент у приміщеннях з підвищеною небезпекою повинен мати живлення через відокремлювальний трансформатор?*
9. *Яка принципова відмінність вимог електробезпечності до основних і додаткових засобів захисту?*
10. *Чому надання допомоги при електротравмах повинно припинятися тільки за рішенням лікаря?*

Розділ 4
БЕЗПЕКА ПРАЦІ ПРИ ОСНОВНИХ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСАХ

§ 4.1. Інженерна психологія і її зв'язок з новою технікою

У наш час основною вимогою охорони праці до всього устаткування, що виготовляється нині, є вимога: *«від техніки безпеки — до безпечної техніки».* Безперечно, правила, вимоги і т. ін. ще протягом тривалого часу будуть фігурувати в документах з охорони праці. Але безпечними умови праці будуть тільки тоді, коли буде створено безпечну техніку. Нині 80–85 % виготовлюваного устаткування не відповідає сучасному науково-технічному рівню охорони праці. При цьому порушення іноді здаються настільки дріб'язковими, що, на думку нефахівця, вони просто не можуть мати якихось наслідків. Однак прикро спостерігати, коли жінки, не маючи фахової освіти, виправляють помилки, допущені «фахівцями» — конструкторами й керівниками різних рівнів, які затверджують технічну документацію. Наприклад, багато хто з нас бачив, як водії трамваїв, тролейбусів за допомогою нескладних пристосувань подовжують ручки керування транспортним засобом. За умови користування ручками довжиною 25–30 мм, як це передбачено конструкторами, руки водія швидко стомлюються, а це може бути причиною аварій і навіть людських жертв. Таких прикладів і у виробничих умовах можна навести сотні.

Загальновідомо, що головною продуктивною силою суспільства є людина. Використовуючи засоби праці, вона перетворює природні матеріали відповідно до заздалегідь поставленої мети. Так, уже первісна людина, узявши шматок каменю, обробляла його так, щоб ним зручно було користуватися: якщо кидати — то підбирала вагу; якщо бити — то змінювала форму і т. ін.

Рисунок 4.1
Структурна схема процесу керування роботою обладнання

Протягом тисячоліть змінювалася форма взаємодії людини й техніки, та все ж аж до початку XIX ст. праця людини мала переважно фізичний, м'язовий характер. Однак уже з початку зазначеного століття завдяки удосконаленню техніки праця людини стає все більш і більш інтелектуальною. Різко зростають розумові навантаження. Розширюються можливості людини. Але ефективність техніки — навіть найскладнішої — завжди буде залежати від людини. Тому для того, щоб праця була безпечною і високоефективною, необхідно погоджувати конструкцію машин із психологічними й фізіологічними характеристиками людини.

Загалом у процесі керування будь-яким об'єктом можна виділити такі елементи (рис. 4.1): людина-оператор, машина, керований об'єкт, навколишнє середовище. Під машиною в інженерній психології розуміють усе те, що знаходиться між оператором та об'єктом керування. Так як безпека праці і висока ефективність використання машини значною мірою залежать від узгодженості дій людини і машини, то ця ланка називається системою людина — машина (СЛМ).

Загальну структурну схему СЛМ показано на рис. 4.2. Зі схеми зрозуміло, що інформація про стан об'єкта керування надходить в інформаційно-логічний обчислювальний пристрій (ІЛОП), який її обробляє і надсилає на засоби відображення інформації (індикатори). Показання індикаторів сприймаються за допомогою органів чуття оператора: зору, слуху тощо. Сигнали від органів чуття надходять у центральну нервову систему, де вони аналізуються і перетворюються на командні сигнали. Ці сигнали через органи руху (руки, ноги) передаються на органи керування машиною, яка змінює роботу об'єкта керування в потрібному напрямку.

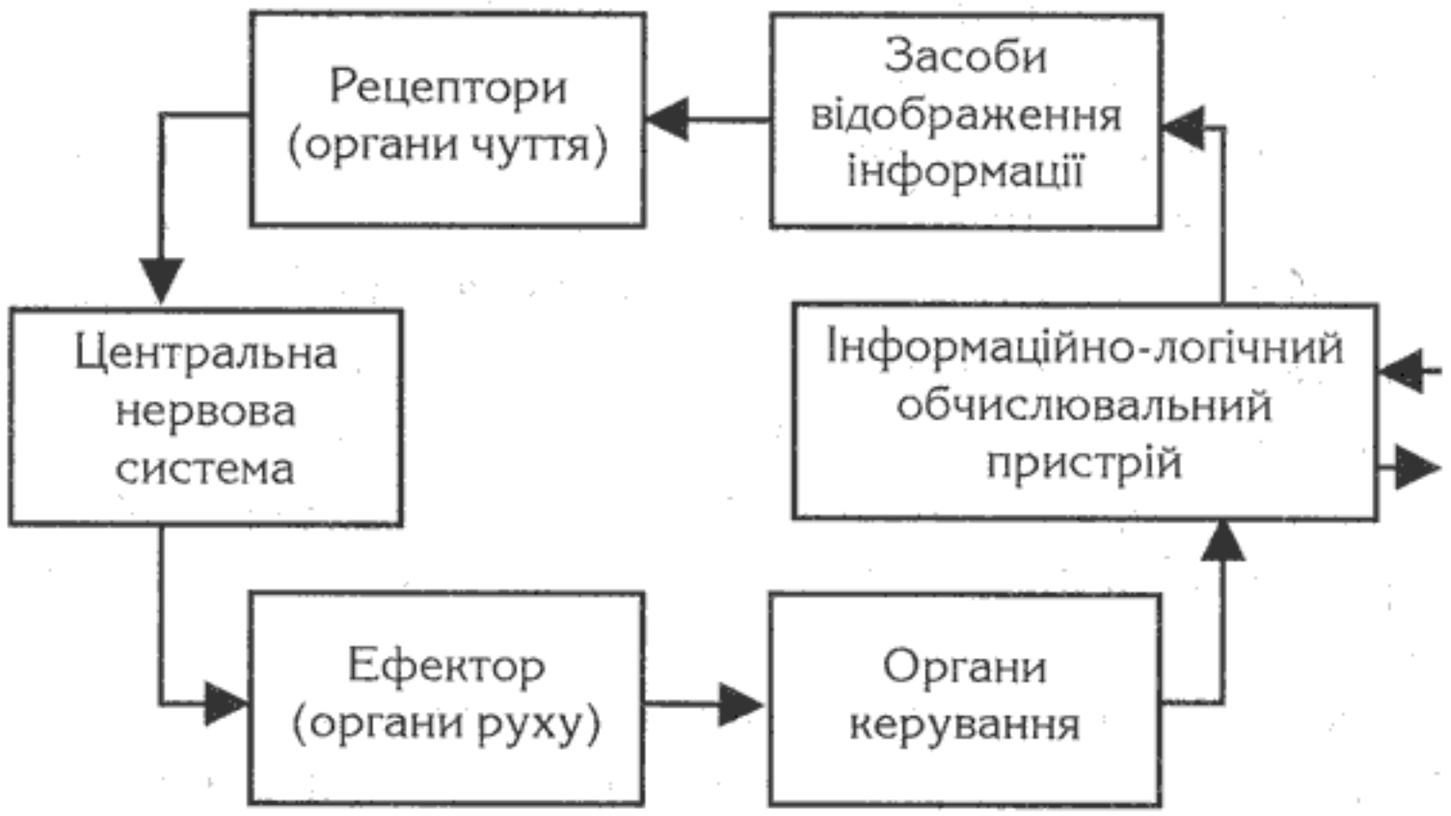
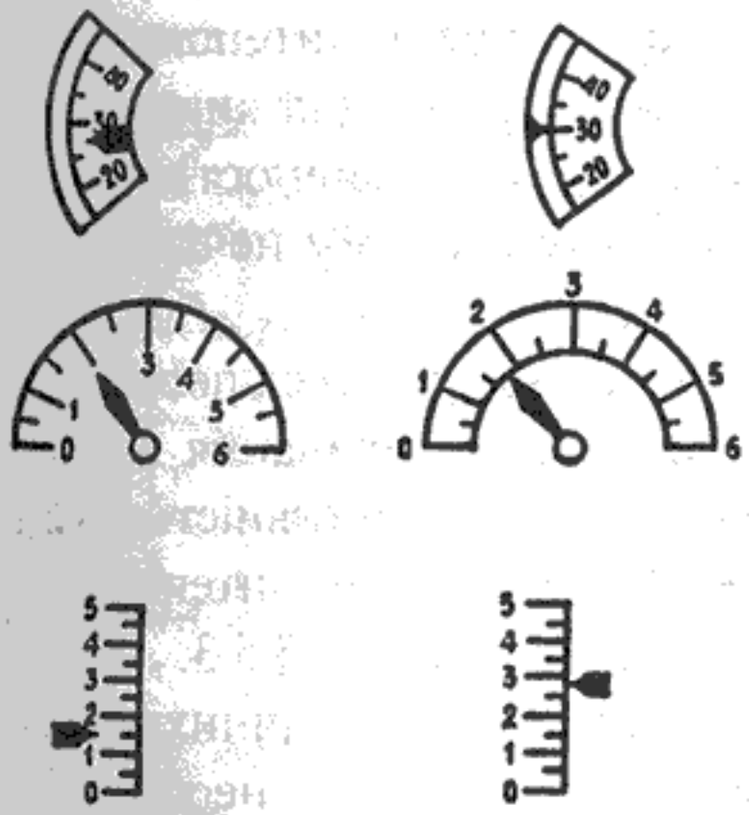


Рисунок 4.2
Структурна схема системи людина — машина



а) б)

Рисунок 4.3
Приклади оформлення шкал: а – неправильне; б – правильне

Аналіз наведеної схеми показує, що у взаємодії людини і машини можна виділити процеси, пов'язані з прийманням і переробкою інформації та ухваленням рішення оператором, у самостійну групу, що визначає розумову працездатність оператора.

Основний обсяг інформації оператор отримує візуально від різних вимірювальних приладів. Їхнє конструктивне оформлення (рис. 4.3) визначає надійність зняття безпомилкових показань. Так, бажано, щоб стрілка мала клиноподібну форму. Її кінець не повинен торкатися поділок шкали. Оцифровані шрифти повинні бути у 2–4 рази товщими й у 2,5 рази довшими за інші.

Період часу між початком зняття показань із приладів і впливом людини на органи керування машиною називається *прихованим часом.* Його величина для нормальних умов праці така: на світлове подразнення центральної частини сітківки — 160–180 мс, периферійної частини — 180–220 мс; на слухове подразнення — 140–160 мс; на слухове й світлове подразнення з вибором сигналу — 220–340 мс; на нюхове подразнення впливом парів деревостружкових плит — 900–1000 мс і лінолеуму — 700–800 мс.

Основними характеристиками працездатності оператора є надійність і тривалість ефективної роботи. Залежно від взаємозв'язку і стану зовнішніх і внутрішніх факторів у процесі праці оператора можна виділити такі фази: передробочий стан, період впрацьовуваності, період стійкої працездатності, стомлення і відновлення функцій окремих органів.

Передробочий стан — період підготовки оператора до майбутньої роботи, коли виробляється стереотип тимчасових зв'язків на звичну робочу обстановку. Тривалість цього періоду залежить від суб'єктивних даних оператора, пов'язаних з підвищенням інтенсивності енергетичного обміну в окремих органах, необхідного для проведення даного виду робіт. Цей період особливо чітко виражений у спортсменів. Пояснюється це дуже різким переходом протягом 0,1–0,2 с від мінімального до максимально можливого навантаження. Справді, штангіст підходить до штанги. В організмі починаються складні фізіологічні процеси з вироблення енергії, необхідної для піднімання штанги. Інтенсивність і рівень цих процесів залежить від тренованості організму. Завдання спортсмена — визначити момент максимальної працездатності організму і в цей час підняти штангу. У виробничих умовах тривалість цього періоду також залежить від тяжкості праці і триває 2–4 хв.

Період впрацьовуваності — період, протягом якого рівень інтенсивності енергетичного обміну в органах людини досягає межі, необхідної для виконання даного виду робіт. Тривалість цього періоду залежить від інтенсивності праці, віку, досвіду, ставлення людини до роботи. Рухи людини при цьому нечіткі, невпевнені, нібито уповільнені.

Період стійкої працездатності — період, протягом якого зберігається постійний енергетичний обмін в органах людини на рівні, необхідному для виконання даного виду робіт. Як правило, цьому періоду відповідає максимальна продуктивність праці при високому ступені надійності. Тривалість цього періоду залежить від інтенсивності праці, віку, статі, емоційного стану тощо. Більш докладно про це див. § 5.3.

Період стомлення — період, протягом якого внаслідок фізіологічних порушень енергетичний обмін в окремих органах знижується і не забезпечує необхідної продуктивності роботи. Цей період характеризується зниженням продуктивності праці, збільшенням кількості помилкових дій, а, отже, і небезпеки травматизму. Щоб забезпечити надійну безпеку й ефективність праці, слід своєчасно виявити початкову стадію цього періоду.

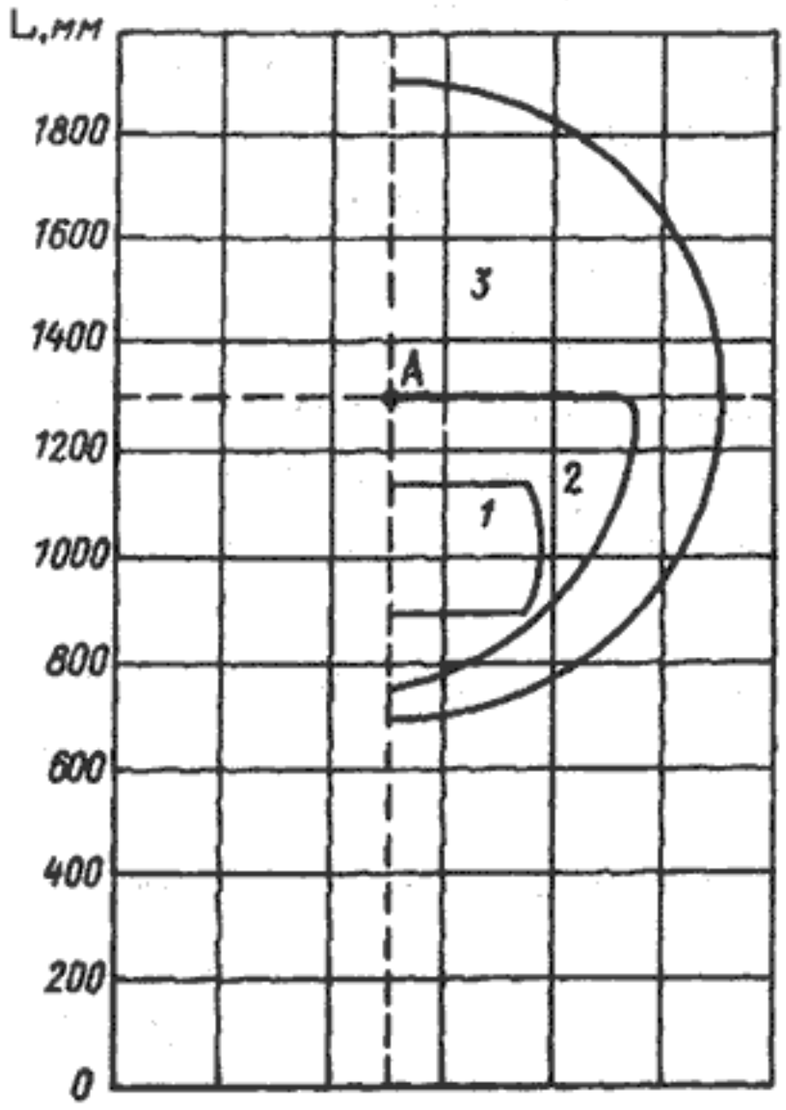


Рисунок 4.4
Зони виконання ручних операцій і розташування засобів керування на вертикальній площині для людини середнього зросту в положенні сидячи. Зони: 1 – оптимальна; 2 – легкої досяжності; 3 – досяжності

Період відновлення — період, протягом якого відновлюється нормальна робота всіх органів людини.

Правильний вибір режиму праці (тривалість неперервної роботи, кількість і тривалість періодів відпочинку) з урахуванням характеристики працездатності оператора дає змогу забезпечити його безпечну й високоефективну роботу.

Конструкція й організація робочого місця повинні відповідати також антропометричним даним людини. Робочий простір залежно від цих даних поділяється на три зони (рис. 4.4, 4.5). У зоні *1* повинні розміщуватися найбільш важливі й дуже часто використовувані засоби керування, у зоні *2* — часто використовувані засоби керування, у зоні *3* — рідко використовувані засоби керування.

Основні розміри рукояток важелів повинні відповідати антропометричним даним людини (див. табл. 4.1.)

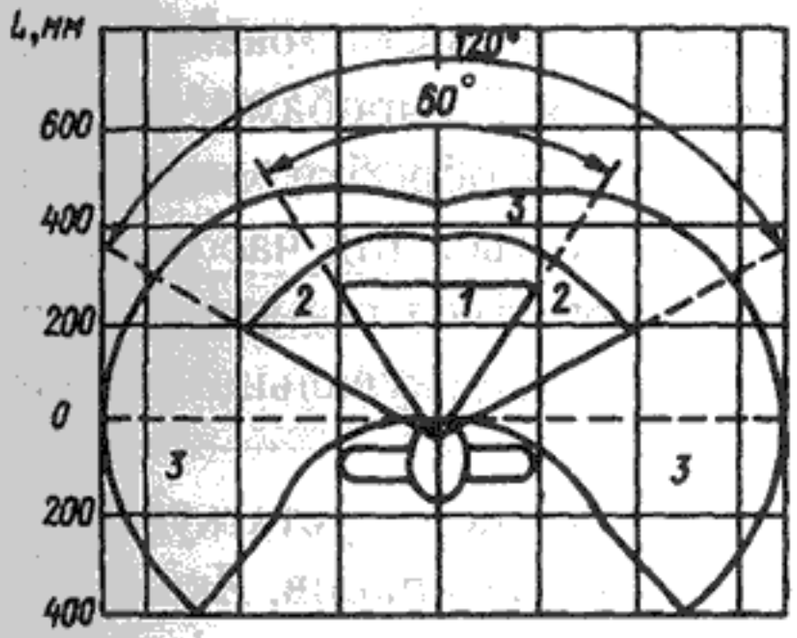


Рисунок 4.5
Зони виконання ручних операцій і розташування засобів керування на горизонтальній площині для людини середнього зросту в положенні стоячи. Зони: 1 – оптимальна; 2 – легкої досяжності; 3 – досяжності

Безперечно, ми не можемо в даному підручнику розглянути всі сторони взаємозв'язку між людиною і машиною, та й вивченість цих зв'язків ще недостатня, особливо, якщо взяти до уваги, що техніка стрімко розвивається. Однак зрозуміло, що поряд із традиційними вимогами щодо охорони праці для розробки безпечної техніки необхідно враховувати вимоги не тільки інженерної психології, а й інших суміжних наук.

Таблиця 4.1
Основні розміри рукояток важелів керування

Форма рукоятки	Діаметр, мм		Висота, мм	
	граничний	оптимальний	гранична	оптимальна
Куляста, грушоподібна, конічна тощо для захоплення:				
пальцями	10–40	30	15–60	40
кистю	35–50	40	40–60	50
Подовжена для захоплення:				
пальцями	10–30	20	30–90	50–60
кистю	20–40	28	80–130	100

§ 4.2. Безпека праці при роботі металообробного устаткування

Небезпечні і шкідливі виробничі фактори, дія яких виявляється під час роботи металообробного устаткування, поділяються на фізичні й психофізіологічні.

До *фізичних небезпечних факторів* належать такі: можливість травмування працівників рухомими частинами устаткування; заготовками й виробами, що пересуваються; стружкою, що відлітає від заготовки під час її обробки; великими пилуватими часточками; осколками інструмента, що руйнується під час роботи; дотиком до струмоведучих частин, а також пил, що утворюється під час роботи верстатів, машин і механізмів, випаровування мастильно-охолоджувальної рідини (МОР), шум, ультра- та інфразвуки, вібрація тощо.

Пил утворюється в процесі роботи практично будь-якого устаткування. Особливо багато його утворюється під час обробки крихких матеріалів. Якщо для різання використовується зношений інструмент, його температура часто підвищується до 500…600 °С. Це призводить до підвищення температури стружки, і вона переходить, залежно від матеріалу, в паро- чи газоподібний стан. Так, під час обробки пластмас утворюється складна суміш парів, газів та аерозолей. Продукти розкладання МОР можуть спричинювати подразнення слизових оболонок верхніх дихальних шляхів, сприяти зниженню імунобіологічної реактивності.

До *психофізіологічних шкідливих виробничих факторів*, дія яких проявляється під час обробки матеріалів, слід віднести незручну позу і, як наслідок її впливу, зниження працездатності й реакції на небезпеку, порушення нормального функціонування центральної нервової системи тощо. Порушення в організмі людини часто спричинюються надмірними зусиллями, яких треба докладати до засобів керування устаткуванням. Працездатність знижується також унаслідок невідповідності конструкції верстатів психофізіологічним даним працівника. Це призводить до хронічних змін в організмі людини, стає причиною швидкої стомлюваності й травмування.

Недостатня вивченість впливу конструкції верстатів на психофізіологічні процеси в організмі людини призводить до того, що під час розслідування нещасних випадків цей фактор не враховується й основною причиною травм в актах Н-1 вказують неуважність, необережність і т. ін. Наприклад, на одному суднобудівному підприємстві стався нещасний випадок за таких обставин. Шліфувальник, не вимкнувши верстат, поклав руку на обертовий круг. В акті Н-1 основною причиною було названо неуважність потерпілого. Насправді він працював уже другу зміну й основною причиною травмування були перевтома й зниження реакції на небезпеку.

Анкетне опитування робітників двох інструментальних цехів одного з підприємств показало, що конструкція більшості верстатів не відповідає їхнім психофізіологічним даним (табл. 4.2).

На працездатність людини впливає також освітленість (її якісні характеристики: блиск, яскравість, пульсації тощо). Анкетне опитування показало, що 50 % молодих робітників (у віці до 40 років) скаржаться на погану освітленість. У той же час робітники старшої вікової групи (після 40 років) частіше скаржаться на втому через роботу в положенні стоячи.

Таблиця 4.2

Кількість опитаних робітників, які відзначили невідповідність конструкції верстатів їхнім психофізіологічним даним, %

Шкідливий фактор	Верстат	Вік, років	
		20–39	40–50
Шум	1Д062	33	20
	15К20	33	50
	ТОС	75	100
	інші	80	50
Незручне робоче місце	1К62	22	20
	16К20	50	–
	ТОС	–	–
	інші	20	50
Забрудненість повітря	1К62	33	60
	16К20	67	–
	ТОС	50	100
	інші	80	–

Заходи щодо створення безпечних умов праці під час роботи металообробного устаткування можна поділити на три групи: конструктивні; ті, які забезпечують безпеку праці при нормальній роботі устаткування; призначені для попередження травматизму в аварійних ситуаціях.

До *конструктивних* належать заходи з удосконалення конструкції устаткування з урахуванням безпеки праці. Наприклад, аналіз робочого часу верстатників показує, що на більшості верстатів багато операцій виконуються вручну, при цьому устаткування не виключається. У таких умовах робітник може знаходитися в небезпечній зоні, тобто в просторі, де рухаються елементи металообробного устаткування (ремінні і зубчасті передачі, сполучні муфти, муфти зчеплень і т. ін.).

Конструювання й виготовлення устаткування повинно бути таким, щоб робітник в процесі роботи або ремонту навіть випадково не міг опинитися в небезпечній зоні. Для цього всі небезпечні зони слід огороджувати. Огородження повинно бути суцільним, виконаним або з листової сталі товщиною не менш як 0,8 мм, або з алюмінію товщиною 2 мм, або з пластмаси товщиною 4 мм.

За необхідності огороджувальні пристрої повинні мати оглядові вікна, закриті прозорим матеріалом: спеціальним склом (чи іншим матеріалом, що не поступається цьому склу за експлуатаційними властивостями). Допускається застосування огородження з отворами або виготовленого із сіток. У цьому випадку діаметр отворів обмежений віддаленістю рухомих деталей від огородження. Якщо відстань не перевищує 15 мм, отвори повинні бути такими, щоб у них можна було вписати коло, діаметр якого не більше 8 мм. Якщо відстань між рухомими частинами устаткування й огородженням менше 120 мм, допускається збільшення діаметра отворів до розмірів, коли в них можна вписувати коло діаметром до 25 мм.. Огороджувальні пристрої повинні блокуватися з пусковою апаратурою, що унеможливлювало б роботу устаткування при знятому огородженні. Якщо застосування огородження є недоцільним, рухомі елементи слід пофарбувати в жовтий і чорний кольори переміжними смугами під кутом 45°. Внутрішні поверхні захисних пристроїв, що вимагають періодичного доступу при налагодженні, повинні бути пофарбовані в червоний колір.

Велику небезпеку становить руйнування деталей і вузлів устаткування. Причинами руйнування можуть бути перевантаження в результаті неправильного вибору режиму роботи устаткування, нерівномірності припуску при різанні металу; динамічне перевантаження окремих елементів; перешкоди на шляху руху тощо. Щоб попередити руйнування елементів устаткування, слід враховувати, проводячи розрахунки, запас міцності. Коефіцієнти запасу міцності коливаються звичайно в межах 2–12 і встановлюються залежно від призначення елементів. При необхідності в устаткування вводяться запобіжні слабкі ланки, руйнування яких запобігає аварії.

Освітлення робочих місць металообробного устаткування повинно бути комбінованим. Живлення світильників місцевого освітлення повинно здійснюватися через відокремлювальні трансформатори а саме: у металургійних цехах напругою не більше 12 В, у металообробних цехах — не більше 24 В і в інших цехах — не більше 42 В. Допускається живлення світильників місцевого освітлення напругою 110–220 В за умови, що вони не мають струмоведучих частин, доступних для випадкового дотику.

Під час роботи металообробного устаткування необхідно вжити заходів, які б унеможливили травмування робітників в аварійній ситуації. Усі металеві частини електроустаткування, що не перебувають під напругою, але на які в аварійній ситуації може потрапити напруга більш як 42 В, необхідно заземлити й занулити.

Істотно поліпшується безпека праці на металообробному устаткуванні при його спеціалізації, автоматизації і застосуванні робототехнічних комплексів.

Високу оцінку дістав верстат моделі МК 6784, обладнаний системою ЧПУ 2У22-62 та автоматичним маніпулятором. Верстат призначений для обробки валів

зі східчастим і криволінійним профілями різної складності в замкнутому напівавтоматичному циклі. Завантаження верстата заготовками й зняття оброблених деталей здійснює маніпулятор.

Щоб забезпечити безпечну експлуатацію верстата МК 6784, використовують автоматичні блокувальні пристрої: для обмеження подовжніх і поперечних переміщень супорта — кулачки аварійних кнопкових вимикачів; для огородження подовжнього ходу гвинта — нерухомий щиток; систему блокування дверей електрошаф, що відключає живлення в разі їх відкривання; рухоме огородження зони різання з блокуванням, що відключає головний привід; фіксувальний пристрій, що утримує руку маніпулятора у верхньому положенні при відключенні гідроприводу, тощо.

Безпека праці підвищується завдяки створенню гнучких автоматизованих ліній та автоматизованих дільниць, цехів, заводів, керованих ЕОМ, на яких роботи виконуються в умовах так званої безлюдної технології.

Так, гнучка виробнича система (ГВС) «Талка-500» складається з чотирьох агрегатів «Модуль-500», автоматизованих транспортної системи, складу, відділення підготовки інструменту, центру автоматизованої технологічної підготовки й керувально-обчислювального комплексу. Диспетчерський пункт системи обладнано дисплеєм і пристроєм для друкування. Система дає змогу підвищити продуктивність праці в 1,65 рази, зменшити кількість устаткування у 2 рази і чисельність робітників — у 4–5 разів.

§ 4.3. Безпека праці при зварювальних роботах

Під час проведення зварювальних робіт небезпечними для людини можуть бути такі фактори: ураження електричним струмом; ураження органів зору променистою енергією; опіки бризками розплавленого металу; опіки променистою енергією; ураження органів дихання пилом і газами; травмування.

Напруга в зварювальному колі під час зварювання — 30–36 В, а напруга холостого ходу зварювального апарата — 70–80 В і більше. Якщо поєднується низка несприятливих умов (робота в особливо небезпечних приміщеннях, робота поза приміщенням при високій вологості, індивідуальні дані зварника тощо) і зварник при цьому торкається частин устаткування, що перебуває під вищезазначеною напругою, то це може призвести до ураження струмом навіть зі смертельним наслідком. Наявність відкритих струмоведучих частин (при ручному зварюванні — електродотримач, електрод тощо) істотно підвищує імовірність ураження струмом навіть при справному устаткуванні й нормальній роботі.

Таблиця 4.3

Інтенсивність випромінювання і час його допустимого впливу на людину

Інтенсивність випромінювання, кал / (см^2·хв)	Час допустимого впливу, с
0,4–0,8	необмежений
0,9–1,5	180–300 (3–5 хв)
1,6–2,3	40–69
2,4–3	20–30
3,1–4	12–20
4,1–5	7–10
> 5	2–5

У процесі зварювання температура в зоні горіння дуги сягає 3000 °С і вище. При такій температурі метал і дуга випромінюють променисту енергію, 66 % якої припадає на інфрачервоне випромінювання. В основі дії цього випромінювання лежить принцип теплового ефекту, що може призвести до опіків відкритих ділянок шкіри й ушкодження зорового апарату. Між інтенсивністю випромінювання і часом його допустимого впливу на людину існує безпосередній зв'язок (табл. 4.3).

Таблиця 4.4

Інтенсивність теплового випромінювання при зварювальних роботах

Вид зварювання	Інтенсивність випромінювання, кал / (см^2·хв)	
	у руки	перед обличчям
У вуглекислому газі при силі струму, А:		
150–250	0,5–2	0,3–0,5
300–400	6–8	1–2
500	10	4
В аргоні або гелії алюмінієво-магнієвих сплавів електродом:		
неплавким	0,5–1	0,5–1,5
плавким	1–3	1–2
В аргоні або гелії сплавів титану електродом:		
неплавким	1–1,5	0,5
плавким	2–4	1–2,5

Інтенсивність інфрачервоного випромінювання при різних видах зварювання наведено в табл. 4.4.

На видиму частину спектра випромінювання припадає 30–32 % від загальної кількості енергії. Значна зосередженість цього випромінювання в точці зварювання зумовлює величезну яскравість зварювальної дуги, що може призвести до стійкого зниження гостроти зору і навіть до його повної втрати.

На ультрафіолетове випромінювання припадає лише 2–3 % променистої енергії. Зорове відчуття воно не спричинює, однак має значну енергію, тому навіть нетривалий вплив (протягом 30–60 с) призводить до небезпечного захворювання зорового апарату — електроофтальмії. Слід зазначити, що дія цього випромінювання має тривалий прихований період. Тільки через 2–10 год після його дії на незахищені очі з'являється різкий біль, сльозотеча, світлобоязнь.

Небезпечними для здоров'я є також пил і гази, що утворюються під час зварювання. Навіть під час зварювання площинних секцій на відкритому майданчику концентрація пилу в зоні дихання зварника може в кілька разів перевищувати допустимі норми (див. § 5.1).

На підприємствах зварювальні роботи можуть проводитися на стаціонарних (штатних) і тимчасових робочих місцях.

Стаціонарні робочі місця призначені, як правило, для зварювання невеликих виробів. Це дає змогу виконувати зварювання в спеціально обладнаних кабінах, внутрішня обшивка яких повинна виготовлятися з вогнетривких матеріалів. Щоб забезпечити вентиляцію, між обшивкою і підлогою повинен бути зазор 50–300 мм — залежно від виду зварювання. У кабіні вільна площа на одного зварника має становити не менш як 3 м² й обладнуватися місцевою вентиляцією (див. розділ 6).

Основний обсяг зварювальних робіт на підприємствах (зварювання секцій, блоків, великогабаритних виробів тощо) виконується на тимчасових робочих місцях. У цих умовах усі види механізованого зварювання повинні обладнуватися місцевою вентиляцією.

Проектуючи пилогазоприймачі, рекомендується кріпити їх на пальнику зварювального апарата. Швидкість руху повітря в точці зварювання повинна становити 0,3–0,5 м/с.

Зварювальні роботи нерідко доводиться виконувати в замкнутих і важкодоступних приміщеннях. Приміщення вважається замкнутим тоді, коли воно з усіх боків обмежене поверхнями з одним чи декількома люками, які мають розміри, що перешкоджають природному повітрообміну, а також вільному й швидкому проходженню робітників через них (відсіки, цистерни, міждонний простір тощо). Важкодоступними вважаються приміщення, де виконання робіт утруднене через малі розміри, а природний повітрообмін недостатній. Перелік таких приміщень адміністрація підприємства складає для кожного окремого випадку.

Зварювальні роботи в замкнутих і важкодоступних приміщеннях повинні проводитися, коли там є не менше двох проходів, один із яких може бути тимчасовим, тобто після закінчення всіх робіт його можна закрити. Перед початком робіт приміщення необхідно добре провітрити, зробити аналіз повітряного середовища. На весь період робіт необхідно призначити спеціально проінструктованого робітника, який здійснюватиме нагляд. Зварювальні пости необхідно обладнати пристроями, які автоматично вимикають подачу газу у випадку припинення зварювання.

При зварюванні в середовищі аргону й вуглекислого газу, питома вага яких більша, ніж у повітря, необхідно передбачити заходи, які б перешкоджали їх нагромадженню в нижніх частинах приміщень, а також надходження в приміщення, які знаходяться нижче.

Зварювальні роботи в пожежо- й вибухонебезпечних приміщеннях, а також зварювання ємностей, у яких зберігалися вибухо- й пожежонебезпечні речовини, дозволяються тільки після видалення цих речовин і ретельного промивання зварюваних поверхонь гарячою водою з каустичною содою, провітрювання й аналізу повітряного середовища.

Зварювальні кромки слід знежирювати безпечними водними розчинами. В окремих випадках з дозволу технічного й пожежного нагляду допускається застосування ацетону, уайт-спіриту й етилового спирту при роботі на відкритих майданчиках та етилового спирту при роботі в закритих і важкодоступних приміщеннях. Ці розчинники слід видавати в небиткій тарі, ємність якої не перевищує 200 г. Використані тампони слід негайно прибирати в спеціальну тару із щільною кришкою.

§ 4.4. Безпека праці при фарбувальних роботах

Щоб захистити конструкції від корозії і надати приміщенням декоративного вигляду, використовують лакофарбові матеріали. Фізико-механічні характеристики цих матеріалів залежать від речовин, що входять до їхнього складу. Так, фарби, виготовлені на основі рослинних олій, мають низьку водостійкість, виявляють тенденцію до втрати еластичності, довго сохнуть. Незважаючи на те, що роботи з використанням таких фарб порівняно безпечні, їх застосування скорочується.

Використання штучних і природних смол для приготування фарб дало можливість створити водостійкі фарби, що швидко висихають. Однак вони, як правило, багатокомпонентні.

Щоб надати фарбам необхідного кольору, використовуються пігменти. Поліпшити антикорозійні характеристики фарби й зменшити використання дорогих

пігментів вдається завдяки наповнювачам. Щоб надати плівці міцності, використовують смоли, а щоб прискорити висихання, додають сикативи. Еластичність плівці надають пластифікатори. Для розчинення всіх зазначених вище речовин використовують розчинники, для зменшення в'язкості — розріджувачі, а для поліпшення інших фізико-механічних характеристик — отверджувачі, прискорювачі, ініціатори й інші речовини. Загалом санітарно-гігієнічні характеристики лакофарбових матеріалів залежать від властивостей їх складових.

Пігменти являють собою порошкоподібні речовини, що виготовляються шляхом механічного подрібнення, розмелу, спеціальної хімічної обробки сировини або іншими методами.

Щоб надати фарбі певного *кольору* й інших якостей, широко використовуються свинцевмісні сполуки: свинцевий сурик, свинцеве білило, свинцевий крон, свинцева зелень тощо.

Свинцевий сурик — порошкоподібна речовина яскравого червоно-жовтогарячого кольору, що складається з оксидів свинцю. Має високі антикорозійні властивості й стійкий до атмосферних впливів. Для приготування ґрунтів використовується сурик № 81 і № 83. *Свинцеве білило* — основний карбонат свинцю, штучний пігмент із сіруватим відтінком. Виявляє антикорозійні властивості, світлостійкість.

Свинцевий крон — штучний пігмент лимонного або жовтогарячого кольору. Стійкий щодо атмосферного впливу, має високу покривність та антикорозійні властивості. *Свинцева зелень* — штучний пігмент зеленого кольору різних відтінків. Має задовільні атмосферо- і світлостійкі властивості.

Свинець і його сполуки — отруйні речовини. В організм людини вони можуть потрапити через легені разом із вдихуваним повітрям або через рот у шлунково-кишковий тракт. Потрапляння 5 мг свинцю через шлунково-кишковий тракт призводить до гострого отруєння.

Причина хронічних отруєнь — потрапляння свинцю в організм людини через органи дихання. Такі отруєння мають кілька стадій: *носійство свинцю* — характеризується помірними змінами в крові; *легке отруєння* — проявляється в загальному ослабленні організму й подразненні кісткового мозку; *отруєння середньої тяжкості* — супроводжується недокрів'ям, приступами болю в животі, змінами захисних функцій печінки, порушенням чутливості до болю, головним болем, швидкою стомлюваністю; *важке отруєння* — з'являються ознаки ураження центральної нервової системи. Гранично допустима концентрація свинцю в повітрі — 0,01 мг/м³. Сфера застосування свинцевмісних фарб обмежена. Забороняється їх використання для механічного фарбування й фарбування у внутрішніх приміщеннях.

У виробництві фарб використовують *хромвмісні речовини*: цинковий крон, цинкову зелень, солі хромової кислоти. *Цинковий крон* — подвійна сполука хроматів цинку з хромово-кислим калієм або натрієм. Штучний пігмент має яскраво-жовтий колір різних відтінків, світло- й атмосферостійкий. *Цинкова зелень* — штучний пігмент зеленого кольору різних відтінків.

Сполуки хрому також отруйні. Гранично допустима концентрація хрому в повітрі — 0,01 мг/м³. Потрапляння сполук хрому в організм призводить до ураження верхніх дихальних шляхів і носоглотки, що може спричинити астматичний бронхіт, бронхіальну астму, загальнотоксичну дію зі змінами в шлунково-кишковому тракті й печінці.

На заводах застосовують лакофарбові матеріали, що містять *цинкові сполуки*: білило цинкове і цинковий порошок. *Білило цинкове* — штучний пігмент білого кольору. *Цинковий порошок* — металевий пігмент сірого кольору. Небезпечними для здоров'я людини є дрібні частинки оксиду цинку, що утворюються в результаті сублімації при нагріванні металевого цинку до температури понад 900 °С під час виготовлення цинкового білила й проведення зварювальних робіт на конструкціях, пофарбованих цинком. Допустима концентрація оксиду цинку в повітрі — 6 мг/м³.

Оксид цинку є причиною гострого професійного захворювання — *ливарної лихоманки.* Вона протікає по типу гострого катару верхніх дихальних шляхів (лихоманка з наступним підвищенням температури).

У лакофарбових матеріалах використовуються також *сполуки міді, ртуті, сурми, кальцію, барію, титану, алюмінію, вуглецю, заліза.* Усі вони небезпечні (їхню дію на людину описано в спеціальній літературі).

Наповнювачі — інертні речовини, які застосовуються для того, щоб зменшити витрати дорогих пігментів і зробити лакофарбову плівку більш щільною. Основні з них — *тальк, слюда, важкий шпат*. Наповнювачі як такі не є токсичними, але, потрапляючи в легені, накопичуються там, що призводить до професійного захворювання — *пневмоконіозу.*

Основою всіх лакофарбових матеріалів є *плівкоутворювальні речовини.* Їх призначення — створення плівки із заданими фізико-механічними властивостями, які забезпечують захист пофарбованих конструкцій від корозії і надають їм необхідного декоративного вигляду. До цих матеріалів належать рослинні олії, оліфи, природні й штучні смоли.

Плівкоутворювальні речовини рослинного походження — безпечні компоненти. Винятком є тропічні рослинні смоли (копали, дамари, шелак тощо), пилові частинки яких можуть спричинити сильний нежить, бронхіальну астму, шлунково-кишкові захворювання.

Більшість штучних смол також не становлять небезпеки. Однак деякі з них можуть спричинювати захворювання. Так, контакт відкритих ділянок тіла з *фенолформальдегідними смолами* може призвести до запалення шкіри — *екземи*. Захворювання можуть виникати й унаслідок потрапляння *парів смоли* в організм через органи дихання. Фенолформальдегідні смоли містять 6–16 % вільних фенолу й формальдегіду, які є отрутами. Їх потрапляння в організм може стати причиною підвищеної стомлюваності, слабкості, головного болю.

Гліфталеві, полівінілацетатні, кремнійорганічні та інші смоли нетоксичні. Деякі з них небезпечні тільки в разі потрапляння на шкіру, так як можуть спричинювати дерматити (алкідно-стирольні, епоксидні тощо).

Щоб зменшити в'язкість плівкоутворювальних та інших речовин, що застосовуються для приготування лакофарбових матеріалів, використовують *розчинники й розріджувачі*. У процесі утворення плівки вони повністю випаровуються. Основними розчинниками й розріджувачами є ацетон, бензол, бутиловий спирт, сольвент, уайт-спірит, ксилол тощо.

Ацетон технічний (ГОСТ 2768–84) одержують шляхом сухої перегонки дерева і синтетичним способом. Ацетон має різкий запах, завдяки якому його легко виявити в повітрі, він малотоксичний. Його ГДК — 200 мг/м³. Ацетон подразнює слизові оболонки дихальних шляхів та очей, а при концентрації 2000–3000 мг/м³ може спричинювати галюцинації і навіть втрату свідомості.

Бензол (ГОСТ 8448-78Е) одержують шляхом сублімації рідкої фази продуктів сухої перегонки кам'яного вугілля. Він токсичний. Його ГДК — 5 мг/м³. Запах парів бензолу відчувається, коли його концентрація в повітрі перевищує 5 мг/м³. Якщо ж концентрація в повітрі сягає 600–800 мг/м³, бензол може спричинювати гострі захворювання, отруєння. При концентрації 6000–8000 мг/м³ можливі запаморочення, апатія, скутість рухів, втрата свідомості.

Бутиловий спирт — бутанол (ГОСТ 5208–81Е) і технічний *ізобутиловий спирт* (ГОСТ 9536–60) одержують синтетичним шляхом. Ці сполуки токсичні. Їх ГДК — 10 мг/м³. Неприємні відчуття викликає концентрація близько 2 мг/м³, при концентрації 300–600 мг/м³ з'являються сльозотеча, світлобоязнь.

Сольвент нафтовий (ГОСТ 1928–79) одержують шляхом піролізу нафтових фракцій. Він малотоксичний, ГДК — 100 мг/м³. Сольвент нафтовий може спричинювати гострі отруєння, запаморочення, кишкові розлади, втрату свідомості.

Ксилол кам'яновугільний (ГОСТ 9949–76) являє собою суміш трьох ізомерів ксилолу (орто-, мета-, пара-) та етилбензолу. Ксилол малотоксичний, його ГДК становить 50 мг/м³. Його легко виявити за запахом при концентрації 1 мг/м³. Концентрація 900 мг/м³ і більше спричинює слабкість, нудоту, подразнення слизових оболонок очей і дихальних шляхів. Систематичний вплив парів ксилолу може призводити до нервових розладів, змін у складі крові.

Уайт-спірит, або бензин-розчинник (ГОСТ 3134–78), одержують шляхом прямої перегонки нафти. Він малотоксичний, його ГДК — 300 мг/м³. Концентрація 9000–11 000 мг/м³ призводить до сильного подразнення слизових оболонок очей і дихальних шляхів, з'являються ознаки гострого отруєння. Концентрація 36 000–40 000 мг/м³ є смертельно небезпечною. Постійний вплив парів бензину може призвести до нервових розладів.

Безпека праці при проведенні фарбувальних робіт залежить від способу нанесення лакофарбових матеріалів і їхнього складу. Існує кілька способів фарбування: ручне фарбування валиками (рідше щіткою), ручне механізоване фарбування за допомогою фарбопультів різних конструкцій, автоматизоване в спеціальних камерах.

Основний обсяг фарбувальних робіт припадає на ручне фарбування валиками і щітками. При цьому методі фарбування небезпеку становлять пари летких речовин, що виділяються при висиханні фарби.

Щоб забезпечити нормальні умови праці, що відповідають санітарно-гігієнічним вимогам, навіть за умови низької продуктивності праці малярів (8–10 м²/год) витрати повітря, необхідного для провітрювання приміщень, нерідко становлять 5000–30 000 м³/год (табл. 4.5). Подати таку кількість повітря в приміщення технічно неможливо. Нормативні документи допускають зниження концентрації шкідливих речовин у приміщеннях до значень, що дозволяють працювати в засобах індивідуального захисту (див. § 6.9).

Таблиця 4.5

Кількість повітря, необхідна для провітрювання приміщення під час фарбувальних робіт

Фарба	Кількість повітря, м³/год, необхідного для забезпечення		
	ГДК	роботи в респіраторі	вибухобезпечної концентрації
ВЛ-02	25 000	850	400
ВЛ-08	30 000	900	500
ФЛ-ОЗЖ	4200	350	250
ХС-010	9500	1000	400
ХС-04	8600	900	400
№1, №3	300	200	100
ХС-57	10 400	850	350
ЕКЖС-40	6500	400	200
ПФ-218	700	200	150
ХС-76	11 200	1000	400

Таблиця 4.6
Оптимальні режими роботи фарборозпилювачів

Тип фарборозпилювача	Діаметр сопла, мм	Тиск повітря, Па		Ширина відбитку факела, мм	Витрати повітря, $м^3$/год	Витрати фарби, л/год	Продуктивність, $м^2$/год	Втрати на туманоутворення, %
		на розпилювання	у бачку					
«КР-20»	1,8	30	5	190	8,9	18	140–160	15–17
«КР-10»	2,5	35	5	260	11,6	25	180–220	15–17
«ЗИЛ»	1,8	27	–	190	5,2–13,6	8,9	140–160	15–17
«КРУ-1»	1,2–1,5	45–50	2–2,5	500	20	31	420–480	18–20
(з верхнім стаканчиком)	2,2	30–40	–	300	6–12	7–10		23–25

Ручне механізоване фарбування проводиться в основному за допомогою *фарборозпилювачів*. За способом подавання фарби вони поділяються на фарборозпилювачі з примусовою подачею фарби з фарбонагнітального бачка (типи КР-20, КР-21, КР-22 та ін.); фарборозпилювачі з подачею фарби самопливом (типи КР-10, КР-11 та ін.); фарборозпилювачі з підсмоктуванням фарби (типи КР-30, КР-31 та ін.).

Таблиця 4.7
Оптимальні режими роботи фарборозпилювачів

Тип фарби	Розріджувач	В'язкість за ВЗ-4, с	Форма факела	Відстань до поверхні, мм	Тиск повітря, Па	Втрати на туманоутворення,%
Емалева фарба	гас	76,6	кругла	200	30	3,5
Масляна фарба	скипидар	46,8	"	200	30	4,5
Лак масляно-смоляний	"	48	"	200	30	6,3
Масляна фарба	–	46,8 28	плоска "	200 200	30 46	8,4 30,4
Емалева фарба	–	49,8 25,4	" "	200 300	45 45	8,9 21,3
Нітроемаль	–	28	кругла	300	45	50,5

Основний недолік фарборозпилювачів — великі втрати фарби на туманоутворення. Ці втрати зумовлені в'язкістю фарби, тиском стисненого повітря, продуктивністю фарборозпилювача й залежно від його конструкції становлять 5–50 % від кількості використаної фарби (табл. 4.6).

Вибір оптимальних режимів роботи фарборозпилювачів дає можливість суттєво зменшити втрати фарби через туманоутворення (табл. 4.7).

Автоматизація фарбувальних робіт у спеціальних камерах значно поліпшує умови праці. Однак сфера їх застосування обмежена — це в основному невеликі вироби.

Безповітряне розпилення фарби, фарбування в електричному полі високої напруги, методи струминного поливання, занурення тощо також дають змогу поліпшити умови праці. Однак застосування і цих методів на заводах досить обмежене.

§ 4.5. Безпека праці при роботі вантажопідйомних машин

Для піднімання й переміщення конструкцій і матеріалів застосовуються мостові і стрілові крани, ручні й електричні талі та інші пристрої.

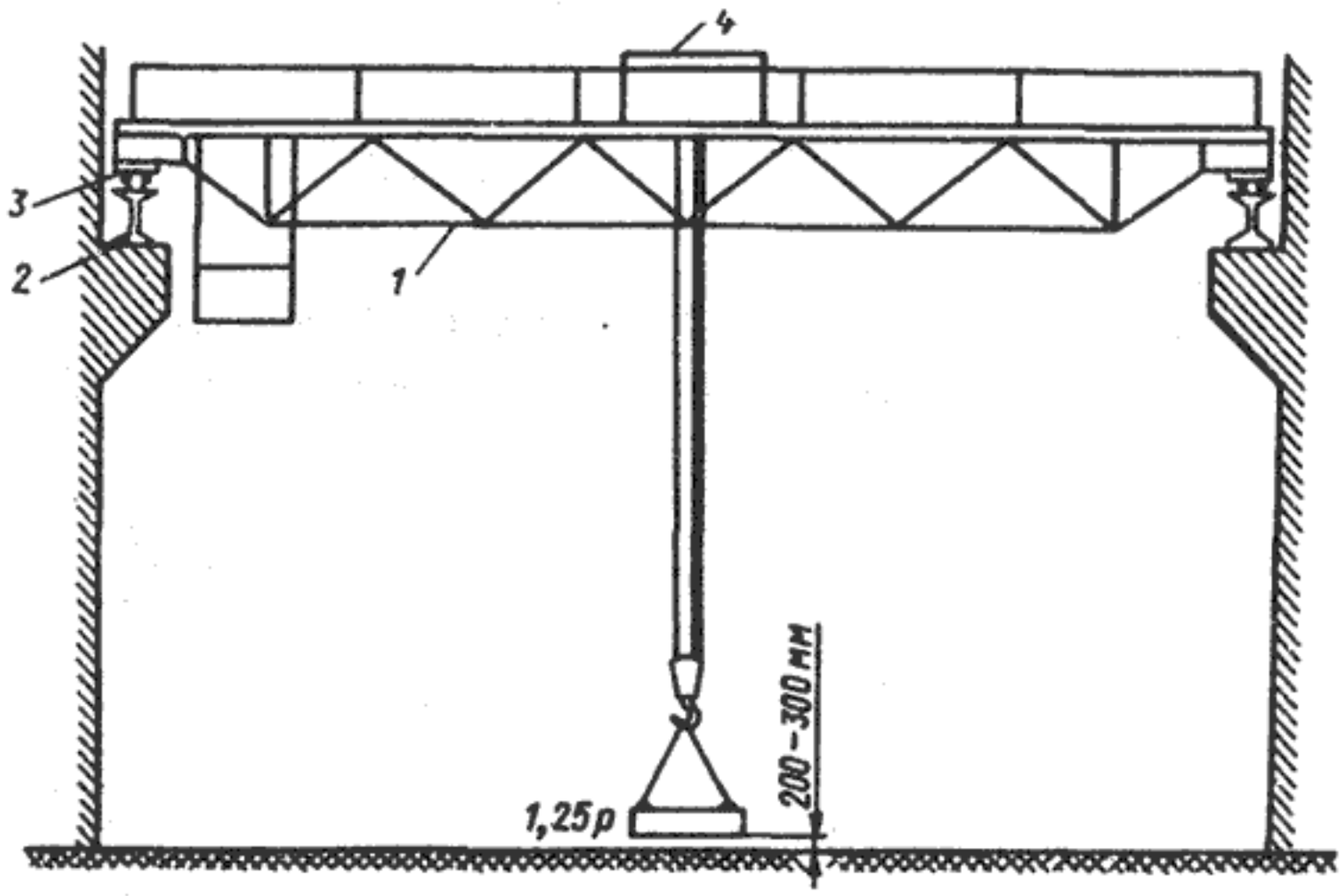


Рисунок 4.6
Загальний вигляд мостового крана: 1 – несуча рама; 2 – підкранова колія; 3 – колесо; 4 – вантажний візок

Мостовий кран (рис. 4.6) являє собою несучу раму, яка на колесах переміщується по підкранових коліях. На рамі встановлено вантажний візок з електродвигуном і барабаном для навивання троса, кабіна для машиніста, який керує краном. В окремих випадках краном можна керувати із землі за допомогою переносного кнопкового пульта керування.

Інші вантажопідйомні машини і пристрої відрізняються від мостового крана компонуванням або відсутністю окремих зазначених вище елементів. Так, баштовий кран переміщується по підкранових коліях, що укладаються на незначній висоті від поверхні землі. Піднімання вантажу здійснюється за допомогою стріли. Ручні вантажопідйомні пристрої не мають електродвигуна, тому вантаж піднімають і переміщують безпосередньо робітники.

У процесі виготовлення й експлуатації всіх вантажопідйомних машин, що мають вантажопідйомність понад 3 т, необхідно дотримуватися «Правил будови і безпечної експлуатації вантажопідйомних кранів».

Наново встановлені крани, а також вантажозахоплювальні пристрої до пуску їх у роботу повинні пройти *повний технічний огляд*. У процесі експлуатації крана через кожні 12 місяців проводиться його *частковий огляд,* а через кожні три роки — *повний.* Після ремонтів, перестановки, зміни окремих вузлів проводиться *позачерговий огляд*. Результати всіх оглядів, у т. ч. і технічних, заносяться в спеціальний журнал. У кожного крана є власний журнал. Метою повного технічного огляду є висновок про те, що вантажопідйомна машина і її обладнання відповідають «Правилам будови і безпечної експлуатації вантажопідйомних кранів» і наявній технічній документації, машина перебуває в справному стані і її обслуговування відповідає нормативній документації. При повному огляді вантажопідйомної машини здійснюються огляд, статичні й динамічні випробування, при частковому — тільки огляд.

Під час огляду перевіряють стан металоконструкцій, їхніх з'єднань, гака, деталей його кріплення, канатів, заземлення, противаги, кранового шляху тощо. Мета статичних випробувань — перевірка окремих елементів на міцність, стійкості машини в роботі. Для цього до машини підвішують вантаж, маса якого на 25 % перевищує вантажопідйомність машини, піднімають його на висоту 200–300 мм і витримують 10 хв. Під час проведення динамічних випробувань перевіряють роботу всіх механізмів. Це робиться за допомогою вантажу, маса якого на 10 % перевищує вантажопідйомність машини.

Під час часткового технічного огляду статичні й динамічні випробування не проводяться.

Одним із найважливіших елементів вантажопідйомної машини є *канати.* Міцність сталевих дротових канатів, що застосовуються як вантажні, стрілові, вантові, несучі і тягові, розраховується за формулою:

$$P = k \cdot S,$$

де S — максимальний натяг стропи, Н;
k — коефіцієнт запасу:

- для вантажних і стрілових канатів на вантажопідйомній машині з ручним приводом $k = 4$;
- для вантажних і стрілових канатів на вантажопідйомній машині з машинним приводом і легким режимом роботи механізму $k = 5$, із середнім режимом роботи — $k = 5{,}5$, з важким і дуже важким режимом роботи — $k = 6$;
- для вантажних канатів на кранах, призначених для піднімання й транспортування розплавленого металу, рідкого шлаку, отруйних і вибухових речовин, $k = 6$;
- для канатів лебідок, призначених для піднімання людей (з ручним чи машинним приводом), $k = 9$.

Сила натягу, що виникає в стропах,

$$S = P_г / (n \cdot \cos \alpha) = m P_г / n,$$

де $P_г$ — маса вантажу, Н;
n — кількість строп;
α — кут нахилу віток до вертикалі;
m — коефіцієнт, що залежить від кута α; якщо α дорівнює 0°, 30°, 45°, відповідно m дорівнює 1; 1,15; 1,42.

Таблиця 4.8

Норми бракування сталевих канатів на вантажопідйомних машинах

Конструкція каната	Звивка каната	Кількість обривів при початковому коефіцієнті запасу міцності		
		< 6	6–7	> 7
6×9(1 + 6 + 12)	Хрестова	12	14	16
+1о.с.	Однобічна	6	7	8
6×37(1+6+12+18)	Хрестова	22	26	30
+1о.с.	Однобічна	11	13	15
18×19(1+6+6+6)	Хрестова	36	38	40
+1о.с.	Однобічна	18	19	20

Щоб запобігти обривам канатів, їх необхідно періодично оглядати. Якщо канати мають явні ушкодження (у вигляді опуклостей пасом, зазорів між пасмами, перегинів, петель, вм'ятин, корозії), їх бракують. Канати також бракують за кількістю обірваних дротів. Щоб визначити кількість обірваних дротів, канат спочатку оглядають, вибирають місце з максимальним ушкодженням дротів і визначають кількість обірваних дротів на одному кроці звивки каната. Норми бракування сталевих канатів наведено в табл. 4.8.

Згідно з вимогами безпечної експлуатації всі вантажопідйомні машини повинні бути обладнані запобіжними й блокувальними пристроями для автоматичного відключення електродвигунів у випадку наближення до крайніх робочих положень, а також перевантаження машини. До них належать кінцеві вимикачі, покажчики й обмежувачі вантажопідйомності, гальма, рейкові захоплювачі, сигнальні прилади, огородження всіх небезпечних місць тощо.

З метою нагляду за справністю і безпечною експлуатацією вантажопідйомної машини на підприємстві згідно з наказом з числа найбільш досвідчених і висококваліфікованих інженерно-технічних працівників призначається відповідальний фахівець. Він повинен пройти атестацію і добре знати «Правила будови і безпечної експлуатації вантажопідйомних машин», «Правила технічної експлуатації і безпеки обслуговування електроустановок промислових підприємств» та інші нормативні документи. Переатестація відповідальних за обслуговування вантажопідйомних машин працівників проводиться кожні три роки.

Стропування вантажу здійснює стропальник. На цю посаду призначається робітник не молодше 18 років, що пройшов спеціальний курс навчання й атестацію спеціальної комісії. Машиніст вантажопідйомної машини працює тільки за сигналами стропальника. Не допускається подача сигналів іншими особами (і майстрами в т. ч.), виняток — сигнал «Стоп».

§ 4.6. Безпека експлуатації герметичних систем, що перебувають під тиском

На підприємствах широко застосовується енергія стисненого повітря, горючих газів, пари тощо. Стиснене повітря використовується в ливарних цехах у роботі піскоструминних апаратів, у ковальських цехах для приведення в дію ковальських молотів і пресів, у механічних і складальних цехах для роботи пневматичного інструменту, у лакофарбових цехах для роботи фарборозпилювачів тощо.

Горючі гази використовують під час проведення газозварювальних і газорізальних робіт; гаряча вода і пара — для поповнення в будівлі запасів тепла, що втрачається в холодний період року тощо.

На підприємствах ці речовини до місць використання транспортуються по трубопроводах і в балонах. Основною небезпекою під час транспортування й експлуатації трубопроводів і балонів є вибухи й витік пожежо-, вибухонебезпечних та отруйних речовин.

Причинами *вибухів* можуть бути дефекти при виготовленні й монтажі трубопроводів і балонів; корозія їхніх елементів; порушення правил експлуатації (використання несправної контрольно-вимірювальної апаратури, переохолодження або сильне нагрівання балонів, помилкове використання балонів не за призначенням, швидке наповнення балонів, що супроводжується нагріванням газу, тощо).

Витік вибухонебезпечних газів може призвести і до утворення в приміщенні чи будівлі вибухонебезпечної повітряної суміші, яка за наявності джерела займання також може призвести до великих руйнувань.

Зазначені вище види устаткування належать до устаткування з підвищеною небезпекою. Під час його експлуатації необхідно дотримуватися «Правил будови і безпечної експлуатації посудин, що працюють під тиском», у яких визначено вимоги до будови, виготовлення, монтажу, ремонту й експлуатації посудин, що працюють під тиском. Ці правила поширюються на ємності, що працюють під тиском понад 0,07 МПа (без врахування гідростатичного тиску); на цистерни й бочки для перевезення зріджених газів, тиск парів яких при температурі до 50 °С перевищує 0,07 МПа; на посудини й цистерни для збереження, перевезення зріджених газів, рідин і сипких тіл без тиску, але які спорожнюються під тиском газу понад 0,07 МПа; на балони для перевезення й збереження стиснених, зріджених і розчинених газів під тиском понад 0,07 МПа.

Правила не поширюються на прилади парового й водяного опалення; посудини місткістю до 25 л, для яких добуток місткості (у літрах) на робочий тиск (у мегапаскалях) не перевищує 20; частини машин, що не є самостійними посудинами (циліндри двигунів парових і повітряних машин та компресорів, проміжні холодильники, що не відключаються, і масловіддільники компресорних установок, повітряні ковпаки насосів тощо); трубчасті печі; посудини з неметалевих матеріалів та інші посудини спеціального призначення, застережені в правилах.

Правила встановлюють спеціальні вимоги до конструкції і матеріалів посудин, їх виготовлення, монтажу, установки, реєстрації, технічного огляду, вмісту й обслуговування.

Посудини, що працюють під тиском, виготовляють на підприємствах, де для цього є технічні можливості. У верхній частині балона повинно бути клеймо підприємства-виготовлювача, де вказуються номер балона, його маса, дата виготовлення й огляду, місткість. Щоб підвищити безпеку експлуатації трубопроводів і балонів, на них наносять розпізнавальне пофарбування.

Трубопроводи залежно від речовин, що транспортуються, поділяються на 10 укрупнених груп. Кожна група трубопроводів повинна фарбуватися у певний розпізнавальний колір і мати цифрове позначення групи речовин. Наприклад, трубопроводи для *транспортування води* фарбуються в зелений колір і мають цифру 1, для *транспортування повітря* — у синій колір і мають цифру 3, для *транспортування горючих газів* — у жовтий колір і мають цифру 4 і т. ін.

Пофарбування може наноситися по всій довжині або на окремих ділянках. Якщо кількість трубопроводів невелика і їхня довжина незначна, вони фарбуються повністю. В інших випадках на трубопроводи наноситься розпізнавальне пофарбування на окремих ділянках. Поверхню трубопроводів між розпізнавальним пофарбуванням рекомендується фарбувати в колір елементів будівель, по яких прокладено трубопровід, стін, перегородок, стель тощо. При цьому не допускається фарбувати трубопроводи між ділянками розпізнавального фарбування в інші кольори.

Для фарбування ділянок трубопроводів, прокладених поза будівлями, рекомендується використовувати кольори, що сприяють зменшенню їх нагрівання сонячною енергією. Ширина розпізнавального пофарбування на трубопроводах, що мають діаметр до 300 мм, повинна бути не меншою від чотирьох діаметрів; якщо діаметр перевищує 300 мм — не менше двох діаметрів. *Протипожежні трубопроводи* на ділянках до запірно-регулювальної апаратури повинні фарбуватися в сигнальний колір — червоний.

Щоб унеможливити використання балонів не за призначенням, їх також фарбують у розпізнавальні кольори й наносять на них відповідні написи. Забороняється наповнювати балони, не пофарбовані у встановлений для даного газу колір. Так, *кисневі балони* повинні фарбуватися в блакитний колір; на них чорним кольором робиться напис «Кисень». *Балони з ацетиленом* слід фарбувати в білий колір; напис виконується червоною фарбою. *Балони з вуглекислим газом* фарбуються в чорний колір, а напис виконується жовтим кольором і т. п.

Інспекція державного органу технагляду здійснює огляд усіх балонів. При цьому оглядаються зовнішні й внутрішні поверхні балона, перевіряються його маса й місткість, проводяться гідравлічні випробування тиском, що в 1,5–2 рази пе-

ревищує робочий тиск балона. Огляд балона проводять, щоб виявити тріщини, вм'ятини, корозію тощо.

Кожен балон повинен мати паспортні дані й відмітки інспекції державного органу технагляду про проведений огляд. Балони великої ємності (понад 12 л) повинні мати сталеві й чавунні запобіжні ковпаки, щільно закріплені на горловині, і заглушки, накручені на бічні штуцери. Транспортуючи балони, їх необхідно міцно закріплювати й уникати потрапляння на них сонячних променів.

Тиск у балонах обмежується мінімальним і максимальним значеннями. Мінімальний тиск, тобто тиск, нижче якого використовувати газ заборонено, повинен бути не меншим ніж 0,05 МПа. Ця величина унеможливлює потрапляння всередину балона сторонніх речовин і дає змогу підприємству-виготовлювачу визначити газ, що знаходиться в балоні. Перевищення максимального тиску є неприпустимим через можливий вибух балона в непередбачених умовах експлуатації (при нагріванні, ударі тощо).

§ 4.7. Засоби наочної агітації

Однією з основних форм пропаганди норм і правил безпеки праці є плакати. Вони можуть містити відомості про безпеку праці, неправильні чи небезпечні прийоми роботи, стосовно обміну передовим досвідом, науково-технічну інформацію тощо. Плакати слід вивішувати в цехах, зонах відпочинку, технічних кабінетах, вестибюлях тощо.

Велике значення має інформація з охорони праці. Це відомості про умови праці (концентрацію шкідливих речовин, рівні шуму, освітленості тощо), травматизм (його стан, порушників), професійну й загальну захворюваність по дільницях, цехах, відділах тощо, на підприємстві в цілому.

Завдання такої інформації — пропаганда передового досвіду; з'ясування причин травматизму, професійної і загальної захворюваності; показ соціальних та економічних збитків, яких завдають порушення норм і правил охорони праці бригаді, зміні, дільниці, підприємству, суспільству; а також створення атмосфери суспільної нетерпимості до порушень цих норм.

Інформація у вигляді схем, таблиць, графіків, окремих зведень, блискавок, заміток у стінгазеті, розпоряджень і наказів про заохочення й покарання повинна вивішуватися на стендах зміни, дільниці, цеху, підприємства і щодня поновлюватися.

Таблиця 4.9

Знаки безпеки, що використовуються на підприємствах

Смислове значення	Зображення	Місце встановлення
	Заборонні знаки	
Вхід (прохід) заборонено		Біля входів в небезпечні зони; у приміщеннях і зонах, куди доступ стороннім особам заборонено
Забороняється гасіння водою		Біля входів у приміщення і місця, призначені для зберігання й роботи з матеріалом, гасіння якого водою у випадку його займання заборонено (лужні метали та ін.)
	Попереджувальні знаки	
Обережно! Легкозаймисті речовини		На вхідних дверях складів, усередині складів; у місцях зберігання й перед входами на ділянки робіт з легкозаймистими речовинами; на тарі для зберігання й транспортування цих речовин
Обережно! Працює кран		Поблизу небезпечних зон на будівельних майданчиках, дільницях і в цехах, де використовується підйомно-транспортне устаткування
	Наказові знаки	
Працювати в касці!		При вході в робочі приміщення або на ділянки робіт, де є небезпека падіння предметів зверху
Працювати в захисних окулярах!		При вході на ділянки робіт, де є небезпека травмування очей
	Вказівні знаки	
Вогнегасник		У виробничих приміщеннях і на території для позначення місцезнаходження вогнегасників
Місце для куріння		У виробничих приміщеннях і на території для позначення місць для куріння

Вплив цієї інформації на стан умов праці надзвичайно великий. Вона нагадує працівникам про необхідність дотримання вимог безпеки праці, є одним з факторів підвищення трудової дисципліни, а також підказує, як необхідно діяти в конкретній обстановці. Особливо велике значення має така інформація для виховання молодих робітників.

Щоб привернути увагу працівників до безпосередньої небезпеки, застосовуються *попереджувальні кольори.* Відповідно до ГОСТу 12.4.026-76 у нашій країні встановлено чотири сигнальних кольори: червоний, жовтий, зелений і синій.

Червоний колір — сигнали «Стоп», «Заборона», «Явна небезпека», «Засіб пожежогасіння» — застосовують для заборонних знаків, написів і символів на засобах пожежної безпеки, для позначення вимикальних аварійних пристроїв, фарбування внутрішніх поверхонь відкривних кожухів і корпусів, які огороджують рух елементів механізмів і машин, рукояток кранів аварійного скидання тиску, корпусів масляних вимикачів, які в робочому стані перебувають під напругою, а також для позначення пожежної техніки.

Жовтий колір — сигнали «Увага», «Можлива небезпека» — застосовується для попереджувальних знаків, елементів устаткування, що можуть стати причиною травм (низькі балки, виступи, перепади, малопомітні сходинки, місця, де можна впасти, неогороджені майданчики, звуження проїздів, колон, стійок, опор у місцях інтенсивного руху внутрішньозаводського транспорту тощо), елементів виробничого устаткування, необережне поводження з якими є небезпечним, елементів внутрішньоцехового й міжцехового транспорту, підйомно-транспортного устаткування і будівельно-дорожніх машин, постійних і тимчасових огороджень чи їхніх елементів, що встановлюються на границях небезпечних зон, біля отворів, ям, котлованів тощо.

Зелений колір — сигнали «Безпечно», «Дозволено», «Проїзд вільний» застосовують для наказових знаків, дверей і світлових табло евакуаційних чи запасних виходів, сигнальних ламп.

Синій колір — сигнал «Інформація» — застосовують для вказівних знаків та елементів виробничої інформації.

Знаки безпеки (табл. 4.9). За ГОСТом 12.4.026–76 поділяються на чотири групи: заборонні, попереджувальні, наказові та інформаційні.

Заборонні знаки застосовують на означення заборонених дій. Вони являють собою круг червоного кольору з білим полем усередині, білою по контуру знака облямівкою і символічним зображенням забороненої дії, пофарбованим у чорний колір на внутрішньому білому полі і перекресленим похилою смугою червоного кольору під кутом нахилу 45° ліворуч зверху і праворуч униз. Допу-

скаються знаки з пояснювальним написом, виконаним чорним кольором, а знаки пожежної безпеки — червоним кольором. При цьому червона похила смуга не наноситься.

Попереджувальні знаки застосовують для того, щоб попередити працівників про можливу небезпеку. Вони мають форму рівностороннього трикутника з округленими кутами жовтого кольору, зверненого вершиною вгору, з облямівкою чорного кольору й символічним зображенням чорним кольором можливої небезпеки.

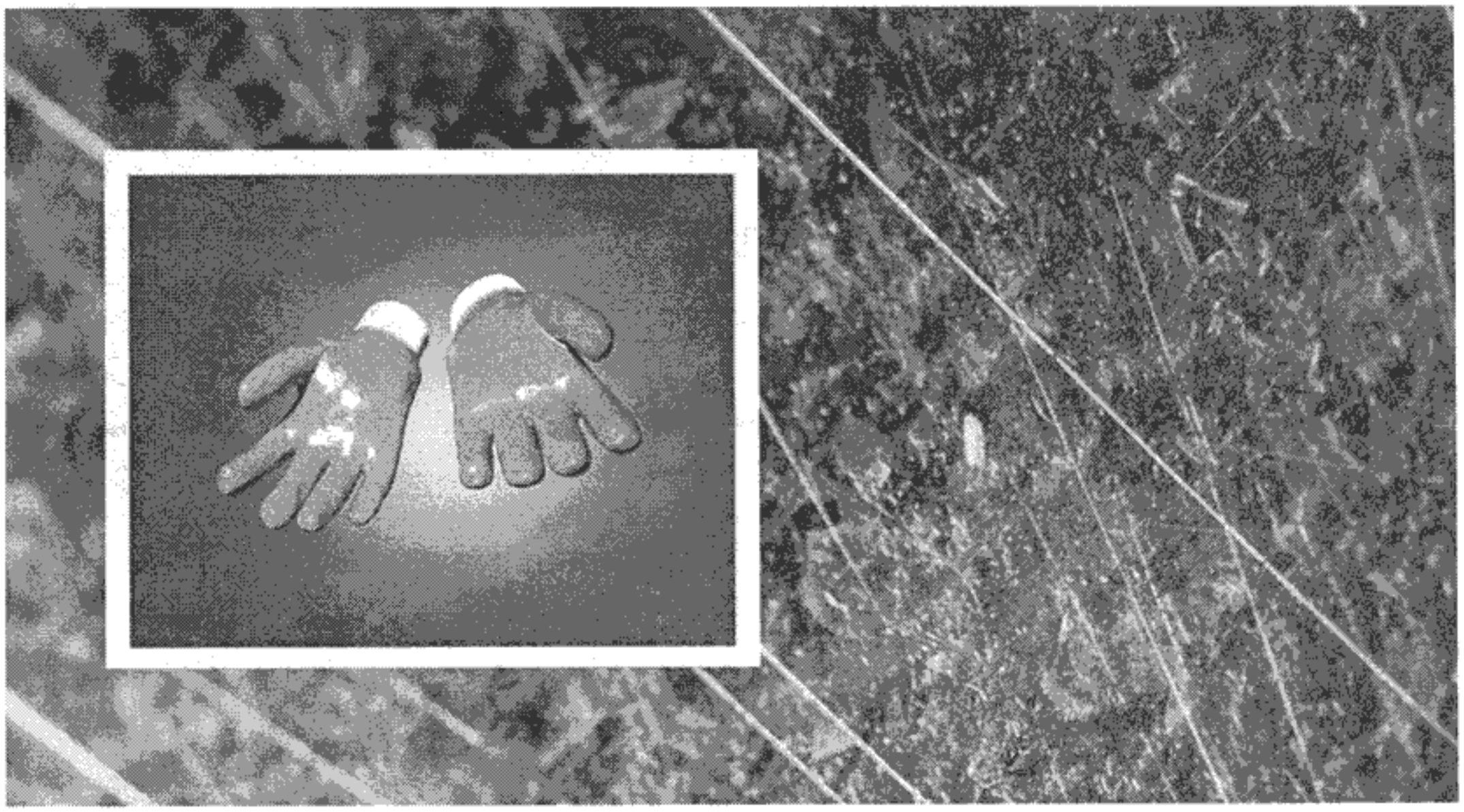
Наказові знаки дозволяють певні дії працівників тільки при дотриманні конкретних вимог безпеки. Вони мають форму квадрата із зеленою облямівкою навколо. Усередині знака на білому тлі чорним кольором наноситься символічне зображення, що є наказом для дії. На знаках пожежної безпеки пояснювальні написи наносять червоним кольором.

Вказівні знаки інформують про місце перебування різних об'єктів, пристроїв, пунктів медичної допомоги, пожежних постів і кранів, гідрантів, вогнегасників тощо. Вони мають форму прямокутника, окантованого синьою облямівкою навколо із символічним зображенням чорним кольором необхідної інформації.

Контрольні запитання

1. *Який взаємозв'язок існує між автоматизацією, роботизацією і безпекою праці?*
2. *Чому оператор і керований об'єкт поєднуються в систему людина — машина?*
3. *Які особливості окремих періодів, які виділяють у процесі роботи оператора? Як вони впливають на безпеку праці?*
4. *Назвіть основні шкідливі й небезпечні фактори при електрозварювальних, фарбувальних, вантажопідйомних та інших технологічних процесах.*
5. *Як здійснюється державний нагляд за дотриманням норм охорони праці при проектуванні, виготовленні та експлуатації вантажопідйомних машин і систем під тиском?*
6. *Як унеможливити помилкове використання балонів для різних газів?*

7. *Який порядок огляду вантажопідйомних кранів та об'єктів, що експлуатуються під високим тиском?*
8. *Яким чином здійснюється пропаганда правил охорони праці?*
9. *Чому без вирішення проблем інженерної психології неможливе створення безпечної техніки?*



Частина III
ВИРОБНИЧА САНІТАРІЯ І ГІГІЄНА ПРАЦІ

Розділ 5
ОСНОВНІ ШКІДЛИВІ ВИРОБНИЧІ ФАКТОРИ, ЩО ДІЮТЬ НА ЛЮДИНУ В РОБОЧІЙ ЗОНІ

§ 5.1. Стан повітряного середовища і його вплив на людину

Санітарно-гігієнічні умови праці на багатьох підприємствах часто не відповідають чинним нормам і правилам. Трапляються випадки, коли на окремих робочих місцях концентрація шкідливих речовин перевищує допустимі санітарні норми. Так, якщо при ручному зварюванні площинних секцій вентиляція організована погано, то концентрація пилу може сягати 6–85 мг/м³. Ще більші значення концентрації пилу фіксуються, коли ручне зварювання проводиться в закритих і важкодоступних приміщеннях, — 50–300 мг/м³. Механізовані види зварювання за відсутності місцевої вентиляції також нерідко призводять до надмірної концентрації пилу. Так, при зварюванні в середовищі вуглекислого газу з використанням напівавтомата А-547 концентрація пилу становить 10–48 мг/м³, а оксидів хрому — 0,35 мг/м³. Значно перевищуються допустимі концентрації пилу і при інших видах зварювання (наприклад, при зварюванні під флюсом — 45 мг/м³, спецсталей — 80 мг/м³).

Запровадження нових технологічних процесів змінює структуру шкідливих виробничих факторів. Так, застосування лазерної технології у зварюванні матеріалів дало можливість значно зменшити виділення традиційних шкідливих речовин — пилу й газів. Завдяки цьому захворюваність на грип і гострі респіраторні захворювання значно знизилася.

Але використання лазерної технології спричинило появу нехарактерних для традиційних методів зварювання шкідливих виробничих факторів — електромагнітних коливань різних частот, що є основною причиною виникнення нових за-

хворювань. Так, унаслідок роботи з оптичними квантовими генераторами на неодимі з $\lambda = 1$ мкм та енергією 0,5 Дж протягом 1–3 років вміст холестерину в крові робітників збільшився на 210,2 ± 3,5 %. Це призвело до зміни обмінних процесів у серцево-судинній системі. Значного поширення набули нервово-психічні захворювання. Зросла кількість уражень слухового й зорового апаратів, кістково-м'язової системи.

Останнім часом значна увага приділяється вивченню впливу виробничих умов на поширення загальних хвороб. Результати проведеного на одному із суднобудівних підприємств аналізу втрат через тимчасову непрацездатність серед малярів показують, що хвороби нервової системи трапляються серед них у 87 разів частіше, ніж серед робітників інших професій. Більше (у 2–3 рази) поширені серед жінок-малярів і жіночі хвороби, що можна пояснити тільки специфікою роботи.

Втрати через тимчасову непрацездатність серед малярів на одному із суднобудівних підприємств наведено в табл. 5.1 (в у. о.).

Аналогічного висновку можна дійти, аналізуючи втрати через непрацездатність по цехах машинобудівного підприємства (табл. 5.2). Найвищий рівень захворюваності зафіксовано в цехах з великим виділенням шкідливих речовин (у ДКЦ — 3700 людино-днів, у трубопровідному — 1363,8 людино-днів, у металургійному — 1304,2 людино-днів). Водночас у деревообробному цеху втрати через непрацездатність становлять тільки 688,3 людино-днів за рік на 100 робітників. Втрати через непрацездатність у ВОХР становлять 514 людино-днів за рік на 100 працівників, хоча у ВОХР, як правило, працюють жінки і чоловіки літнього віку, більш схильні до захворювань.

На суднобудівних підприємствах найбільш несприятливі умови праці в складально-зварювальних і заготівельних цехах. Тому тут і найвищі рівні захворюваності (табл. 5.3, цехи 1, 2, 11).

Таблиця 5.1

Порівняння втрат через тимчасову непрацездатність серед малярів та в цілому по заводу на прикладі одного із суднобудівних підприємств, в у. о.

Вид захворювання	Малярі	Усього по заводу
Захворювання нервової системи	2,6	0,03
Гіпертонія	0,22	0,13
Жіночі хвороби	1,09	0,55
Ускладнена вагітність	1,52	0,40

Таблиця 5.2

Втрати через тимчасову непрацездатність на машинобудівному підприємстві (на 100 чоловік за рік)

Цех	Кількість		
	випадків захворювання	днів непрацездатності	днів на один випадок
Трубопровідний	118,00	1 363,80	11,50
Механічний:			
перший	95,10	1 199,60	11,70
другий	102,60	990,50	9,10
третій	92,70	1 192,00	12,10
Механізації	61,70	769,30	12,50
Електроцех	108,80	1 218,20	11,60
Енергоцех	92,50	1 262,40	13,70
Ковальський	108,80	1 172,50	10,90
ВОХР	45,70	514,00	11,60
ДТЦ	73,53	1 046,15	14,40
ДКЦ	65,70	3 700,00	57,00
ЦНР	99,57	982,12	10,00
Деревообробний	75,00	688,29	9,10
Корпусний	103,62	1 044,01	10,00
РЕЦ	127,27	1 095,95	8,60
Металургійний	112,6	1 304,20	11,50
Заводоуправління	79,29	973,12	12,30
РСУ	123,53	1 522,79	15,60
ЦТА	119,08	1 080,15	9,00
Діл. ЦТА	69,73	939,47	13,30
Інструментальний	92,30	1 260,43	14,80
Усього по заводу	93,40	1 206,00	12,80

Таблиця 5.3

Втрати через тимчасову непрацездатність на суднобудівному підприємстві (на 1000 працівників за рік)

Номер цеху	1984 р.		1985 р.		1986 р.		1987 р.		1988 р. (1-ше півріччя)	
	Кількість випадків	Втрачені людино-дні	Кількість випадків	Втрачені людино-дні	Кількість випадків	Втрачені людино-дні	Кількість випадків	Втрачені людино-дні	Кількість випадків	Втрачені людино-дні
1	99,1	1232	82	1057	79	835	71,8	866	35	417
2	109	1443	92	1236	100	1026	85	1004	52	558
4	91	1006	91	948	93	816	73	928	51	608
5	95	1083	81	911	82	796	72	810	56	505
6	89	1004	74	959	67	688	61	630	55	534
7	96	1146	78	855	98	9,7	77	920	51	501
8	93	1078	78	788	73	634	67	762	40	346
9	79	734	89	1100	76	655	61	814	45	386
11	95	1060	93	1106	96	896	85	870	5365	536
12	96	1152	76	859	71	696	65	784	4861	482
14	76	981	67	732	75	918	65	681	45	386
15	75	910	88	1158	76	900	64	676	52	493
16	69	895	67	965	65	734	57	807	44	482
17	104	1493	79	897	94	1029	67	924	53	824
18	72	843	91	1250	79	883	60	695	37	328
19	73	930	85	1293	72	962	68	666	59	616
20	52	864	60	872	55	797	50	670	33	568
21	49	592	52	768	55	1037	58	764	26	363
23	55	820	73	818	52	440	58	782	30	332
24	99	1161	74	643	79	724	72	780	46	470
34	67,3	832	64	763	72	713	62	688	45	396
Усього по заводу	75	890,3	67	832	70	724	—	—	45,5	471

Отже, втрати через непрацездатність значною мірою залежать від умов праці. Надмірні концентрації пилу, газів і парів шкідливих речовин порушують роботу захисних систем організму людини, тому зростає схильність до різних захворювань.

Викиди шкідливих речовин в атмосферу призводять до її забруднення і становлять небезпеку для населення, що проживає поблизу підприємств. Економічні збитки через викиди шкідливих речовин у повітряне середовище охоплюють: збитки через захворюваність на загальні захворювання, збитки через професійні захворювання; а також збитки через виробничий травматизм.

§ 5.2. Нормування шкідливих виробничих факторів

Під нормуванням шкідливих виробничих факторів мають на увазі встановлення у виробничих умовах і на робочих місцях їх гранично допустимих значень, при яких досягається мінімальна допустима ймовірність ушкодження організму працівника, що працює в цих умовах досить тривалий час. Власне кажучи, цей час повинен за тривалістю бути таким, щоб людина могла працювати до виходу на пенсію.

При нормуванні враховують три основних принципи:

1) рівень соціального розвитку суспільства;
2) рівень розвитку техніки боротьби з даними шкідливими виробничими факторами;
3) небезпека найбільш шкідливого виробничого фактора.

Рівень соціального розвитку суспільства визначається насамперед ставленням уряду держави до вирішення проблем охорони праці і рівнем її економічного розвитку. Ці питання взаємопов'язані, хоча й відбивають принципово різні сторони проблеми. Справді, у 20-ті роки минулого століття, у роки Другої світової війни народне господарство нашої країни зазнало величезних руйнувань. Тому в післявоєнний період 1945–1950 рр. питання охорони праці гостро не стояли — держава просто не мала грошей, щоб вирішувати ці проблеми. Однак нерідко навіть в економічно розвинутих країнах з певних причин уряд не приділяє достатньої уваги питанням охорони праці. Наприклад, ще в другій половині минулого століття, тобто всього лише 20–30 років тому, у Великобританії довести зв'язок між професійною глухотою і роботою в умовах надмірного шуму на підприємстві було не так просто. Та й у найрозвинутішій країні сучасного світу — США — більшість законодавчих актів з охорони праці мають переважно рекомендаційний характер. Технічні інспекції — як державна, так і профспілкових органів — настільки нечисленні, що інспектори можуть відвідати підприємство один раз протягом 5–9 ро-

ків. Безперечно, разом з економічним зростанням держави проблеми охорони праці, як і культури виробництва в цілому, набувають великої актуальності й успішно вирішуються.

На нормування шкідливих виробничих факторів значною мірою впливають науково-технічні бази. Загальновідомо, що друга половина минулого століття — це період науково-технічної революції. Вона торкнулася й охорони праці — особливо світлотехніки. Було створено принципово нові джерела штучного світла з великою світловіддачею. Це дало змогу при тих самих витратах на освітлення протягом 20 років (1958–1978 рр.) двічі переглядати норми освітленості й збільшити їх з 750 лк до 1500 лк (див. розд. 7, § 7.1). Зростання точності складання устаткування, зменшення допусків і, що особливо важливо, широке застосування у виробництві пластмас дали можливість різко знизити рівень допустимого шуму.

Безперечно, що допустимі значення шкідливих виробничих факторів залежать насамперед від їх небезпеки. Так, при нормуванні шуму найбільш небезпечними визнаються високочастотні звуки. Тому їхні допустимі рівні у 2–5 разів нижчі від низькочастотних. Залежно від небезпеки окремих шкідливих речовин їхні допустимі концентрації коливаються в дуже широких межах. Наприклад, допустимі концентрації дуже отруйних речовин — оксидів хрому і свинцю — становлять 0,01 мг/м³, а бензину-розчинника — 300 мг/м³. Допустима концентрація пилу оксидів заліза залежить від кількості домішок більш небезпечного пилу SiO_2 і марганцю та змінюється в межах від 1 до 6 мг/м³. Перелік таких прикладів можна продовжити.

§ 5.3. Мікроклімат робочої зони

Неперервний обмін речовин — характерна риса будь-якого живого організму, обов'язкова умова його існування. Для людини він також є джерелом енергії, необхідної для трудової діяльності, — як фізичної, так і розумової праці.

Обмін речовин передбачає перетворення харчових продуктів, що складаються з білків, жирів і вуглеводів, у більш прості сполуки, які окислюються під дією кисню. При цьому в організмі людини утворюється теплота. Інтенсивність її утворення залежить від того, наскільки важкою є виконувана робота і наскільки обмежена кількістю кисню, що надходить в організм при вдиханні повітря.

Головний критерій процесу дихання — повітрообмін легень, що характеризується кількістю повітря, яке пройшло через легені протягом однієї хвилини. У стані спокою людина за хвилину вдихає повітря 12–16 разів при середньому обсязі по-

вітря, що надходить у легені, 0,5–0,8 л, тобто повітрообмін становить 6–10 л/хв. Кількість кисню у повітрі, яке вдихається, становить 21 %, а у тому, яке видихається, — 18 %, тобто організм людини засвоює близько 3 % кисню від обсягу вдихуваного повітря, або приблизно 0,25 л/хв.

Споживаючи 1 л кисню, організм продукує 4,6–5 ккал теплоти. У стані спокою в організмі людини утворюється 0,25 х 5 = 1,2 ккал/хв теплоти, чи 1700 ккал/доб. Однак навіть якщо людина не виконує ніякої роботи, вона все одно змушена пересуватися в просторі, здійснювати певні психологічні зусилля, напружувати зір тощо. Це теж вимагає затрат енергії — приблизно 500–600 ккал/доб., тобто загальна кількість необхідної для підтримки життєдіяльності людини енергії становить 2200–2400 ккал/доб., або 100 ккал/год.

Коли людина виконує фізичну роботу, кількість вдихів може збільшитися до 30–35, а обсяг одного вдиху — до 2–2,5 л повітря. Кількість кисню у видихуваному повітрі також збільшується до 19 %, тобто організм у цьому випадку засвоює тільки 2 % кисню від обсягу вдихуваного повітря, або в середньому 1,4 л/хв, що відповідає 420 ккал/год — кількості утвореної в організмі теплоти. Частина цієї теплоти (близько 100 ккал/год) витрачається на підтримку життєвих процесів в організмі, інша — на виконання роботи.

Отже, споживання кисню, і, відповідно, інтенсивність утворення теплоти в організмі залежать від затрачених фізичних зусиль. На початку виконання будь-якої роботи кількість кисню, що надходить в організм, не відповідає затраченим зусиллям. У цей час витрачається кисень, що міститься в організмі у вільному стані, тобто робота виконується за рахунок кисню, нібито взятого в нього в «борг». Кількість такого кисню в організмі сягає 10–12 л. Поступово частота дихання збільшується, що виявляється в зміні станів організму.

Спочатку кількість кисню, що надходить в організм, більша, ніж це необхідно для утворення енергії, що витрачається на виконання роботи. У цьому випадку в процесі роботи кисневий «борг» повертається організму і її тривалість буде залежати від кількості спожитої їжі й видалення з організму продуктів, що утворюються внаслідок окислювальних процесів. Ідеться в основному про роботи, під час яких теплотворення не перевищує 150 ккал/год. Неперервна тривалість таких робіт може становити 3–5 годин і більше.

Кількість кисню, що надходить в організм, дорівнює його кількості, що витрачається на утворення енергії, необхідної для виконання роботи. У цьому випадку кисневий «борг» буде повернуто організму тільки після припинення роботи. Інтенсивність утворення теплоти буде значно більшою, а неперервна тривалість цих робіт значно меншою, ніж у розглянутому вище випадку. Це в основному роботи, під час яких утворення теплоти становить 150–250 ккал/год.

Таблиця 5.4

Допустимі енергетичні затрати людини під час робіт різної тривалості, ккал

Тривалість робіт						
Рік	Місяць	Тиждень	Доба	Година	10 хв	1 хв
750 000	62 500	25 000	2500	319	52	5,2
–	70 000	16 800	2800	350	58	5,8
–	–	18 000	3000	375	63	6,3
–	–	–	3500	437	73	7,3
–	–	–	–	600	100	10,0
–	–	–	–	–	150	15,0
–	–	–	–	–	–	25,0

Кількість кисню, що надходить в організм, недостатня для утворення енергії, що витрачається під час роботи. При цьому кисневий «борг» увесь час збільшується й неперервна робота може тривати тільки до моменту використання вільного кисню, який є в організмі. Після цього необхідний відпочинок до повного відновлення кисневого «боргу». Це роботи, під час яких теплотворення перевищує 250 ккал/год.

Кількість утвореної в організмі теплоти протягом заданого періоду може змінюватися у великих межах. Ця кількість теплоти визначає тривалість неперервної роботи.

Так, протягом 1 хв в організмі може утворитися кількість теплоти близько 25 ккал, але тривалість такої інтенсивності утворення теплоти не може перевищувати цього часу (табл. 5.4). Якщо інтенсивність утворення теплоти 10 ккал/хв, то тривалість роботи збільшується до 1 год. Протягом доби кількість теплоти, що витрачається на роботу без яких-небудь хворобливих проявів для людини, не повинна перевищувати 2500 ккал, тобто при 7-годинному робочому дні вона повинна становити приблизно 350 ккал/год.

Залежно від кількості енергії, необхідної для трудового процесу, усі види робіт за їх тяжкістю поділяються на *легкі, середньої тяжкості, важкі.*

До *легких* належать роботи, під час яких витрати енергії не перевищують 172 Дж/с (150 ккал/год). Ці роботи виконуються сидячи або при незначному пересуванні в просторі без піднімання ваги, наприклад роботи, які виконують більшість службовців.

До робіт *середньої тяжкості* належать роботи, під час яких теплотворення коливається в межах 172–283 Дж/с (150–250 ккал/год). Це роботи з пересуванням у просторі й підніманням ваги до 10 кг, наприклад роботи, які виконують зварники, токарі.

Важкі роботи вимагають витрат енергії понад 283 Дж/с (250 ккал/год). Це роботи, що супроводжуються підніманням ваги понад 10 кг, наприклад: у ковальських, ливарних цехах і т. ін.

Теплота, що утворилася в організмі, повинна виділятися в навколишнє середовище. Якщо теплоти виділяється менше, ніж утворюється, то вона накопичується в організмі і його температура підвищується. Це призводить до порушення фізіологічних процесів і подальших хворобливих змін в організмі. Якщо ж із організму відводиться більше теплоти, ніж утворюється в ньому, організм переохолоджується, тому можливі застудні захворювання.

Теплота з організму виділяється завдяки теплопровідності одягу, випромінюванню відкритих ділянок тіла, випаровуванню поту, конвекції тощо. Інтенсивність відведення теплоти з організму людини залежить насамперед від температури навколишнього середовища. Якщо температура навколишнього середовища 36,5 °С, тобто коли вона дорівнює температурі тіла людини, відведення теплоти з організму припиняється. Зі зниженням температури інтенсивність відведення теплоти збільшується. Коли температура навколишнього середовища підвищується до 37 °С і вище, теплота з навколишнього середовища надходить в організм людини (рис. 5.1, лінія 1). Збільшення рухливості повітря також сприяє більш інтенсивному відведенню теплоти з організму (лінія 2).

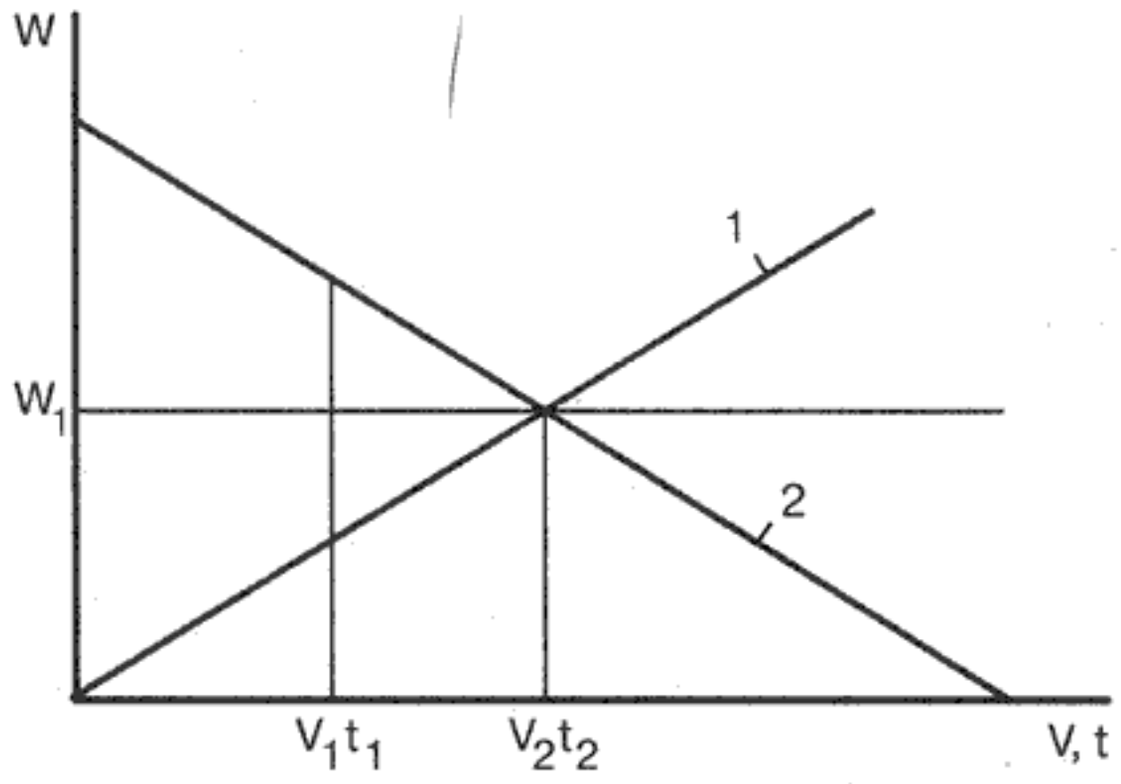


Рисунок 5.1
Залежність тепловіддачі організму людини від температури повітря і швидкості його руху

На теплообмін значною мірою впливає вологість повітря. Розрізняють абсолютну й відносну вологість. Абсолютна вологість являє собою кількість водяної пари в одиниці об'єму повітря φ_a, г/м³ і залежить від температури і тиску. При заданих температурі t і тиску абсолютна вологість збільшується тільки до певних меж. Повітря, що містить максимальну кількість вологи φ_a, називається насиченим.

Відносною вологістю називається відношення маси пари, що міститься в 1 м³ повітря, до маси пари в 1 м³ насиченого повітря при однакових величинах параметрів. Її визначають за формулою:

$$\varphi = (\varphi_a / \varphi_н) \times 100\ \%.$$

При $\varphi_н = \varphi_а$, зрозуміло, $\varphi = 100$ %, тобто повітря насичене. Якщо $\varphi_а$ зменшується, величина φ також зменшується, тобто φ показує, що в даному об'ємі повітря випаровування води можливе. На випаровування води витрачається теплота, яка при випаровуванні поту, що виділяється, виводиться з організму людини.

Аналіз рис. 5.1 показує, що та сама кількість теплоти виділяється з організму за різних значень V, t, φ. Наприклад, при V_1 і t_1 з організму виділяється кількість теплоти, що дорівнює W_1. Якщо відносна вологість постійна, а температура повітря знижується, то кількість теплоти, що виводиться з організму, збільшується. Це збільшення може компенсуватися за рахунок зменшення відведення теплоти з організму внаслідок зниження швидкості руху повітря, тоді і при t_2, V_2 і φ_1 з організму буде виділятися та ж кількість теплоти, як і при t_1, V_1, φ_1, тобто W_1. Тому поєднання швидкості руху, температури й відносної вологості повітря називається ***метеорологічними*** умовами, або мікрокліматом.

ГОСТ 12.1.005-88 встановлює оптимальні (табл. 5.5) і допустимі параметри метеорологічних умов (мікроклімату) у робочій зоні приміщень залежно від тяжкості робіт, сезону й надлишку теплоти в приміщенні. Якщо температура зовнішнього повітря о 13 год найбільш жаркого місяця перевищує 25 °С під час легких робіт і 23 °С під час важких, допускається зазначену в табл. 5.5 температуру повітря в теплий період у приміщеннях з незначним надлишком теплоти (до 20 ккал/год на 1 м³ будівлі) збільшити на 3 °С (але не вище 31 °С), а у випадку значного надлишку теплоти — на 5 °С (але не вище 33 °С). Під час важких робіт зазначені величини підвищення температури слід зменшити на 2 °С.

Таблиця 5.5

Оптимальні параметри мікроклімату в робочій зоні виробничих приміщень (ГОСТ 12.1.005-88)

Сезон	Категорія робіт	Температура, °С	Швидкість руху повітря, м/с
Холодний і перехідний	Легка	20...23	0,1
	Середньої тяжкості (2а)	18...20	0,2
	Середньої тяжкості (2б)	17...19	0,3
	Важка	16...18	0,3
Теплий	Легка	22...25	0,2
	Середньої тяжкості (2а)	21...23	0,3
	Середньої тяжкості (2б)	20...22	0,4
	Важка	18...21	0,5

Примітка. Відносна вологість повинна становити 40–60 %.

Таблиця 5.6

Розрахункові норми температури і швидкості руху повітря під час повітряного душування

Категорія робіт	Температура повітря в робочій зоні поза струменем, °С	Швидкість руху повітря на робочому місці, м/с	Температура суміші повітря, °С на робочому місці при поверхневій щільності теплового потоку, Вт/м²				
Легка	28	1	28	24	21	16	–
		2	–	28	26	24	20
		3	–	–	28	26	24
		3,5	–	–	–	27	25
Середньої тяжкості	28	1	27	22	–	–	–
		2	28	24	21	16	–
		3	–	27	24	21	18
		3,5	–	28	25	22	19
Важка	26	2	25	19	16	–	–
		3	26	22	20	18	17
		3,5	–	23	22	20	19

Якщо надходження теплоти сягає значних величин і створює випромінювання із щільністю теплового потоку 350 Вт/м^2 і більше, вдаються до повітряного душу (табл. 5.6).

§ 5.4. Прилади контролю параметрів мікроклімату

Швидкість руху повітря вимірюють за допомогою анемометрів. Розрізняють крильчасті й чашкові анемометри. У крильчастому анемометрі (рис. 5.2, а) крильчатка складається з 16 лопатей, укріплених на загальній осі. Крильчастий анемометр призначений для вимірювання швидкості руху повітря в межах 0,3–5 м/с. У чашковому анемометрі (рис. 5.2, б) крильчатка складається з чотирьох півсфер. Таким анемометром можна вимірювати швидкість руху повітря в межах 1–25 м/с. Недолік анемометрів — великі габарити, що обмежує сферу їхнього застосування.

Рух повітря пов'язаний зі зміною тиску. Розрізняють *абсолютний*, *статичний*, *динамічний* і *повний тиск*.

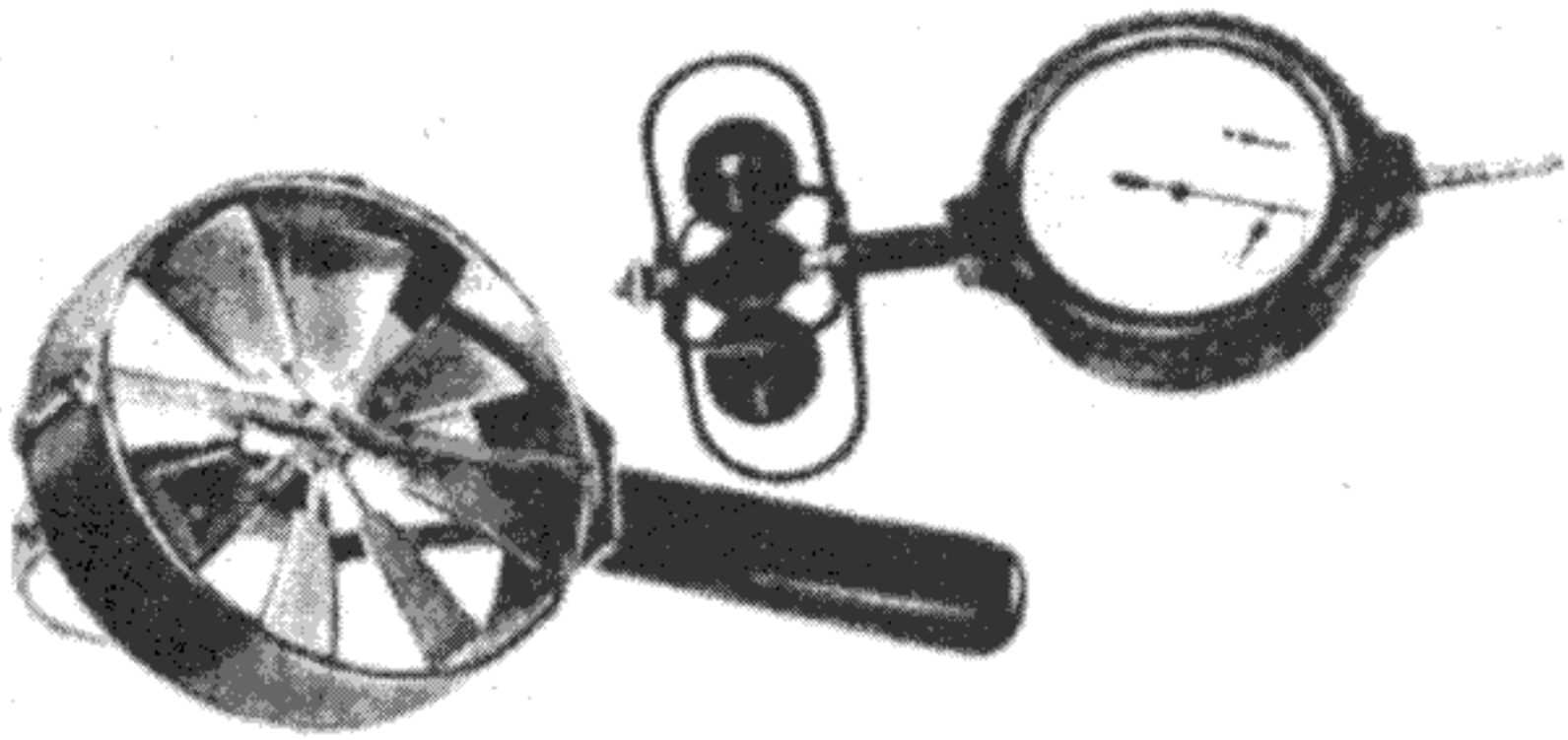


Рисунок 5.2
Анемометри

Абсолютний тиск є тиском вертикального стовпа повітря. Одиницею вимірювання абсолютного тиску є Н/м², або паскаль (Па). Абсолютний тиск вимірюється в міліметрах ртутного стовпа (мм рт. ст.). Співвідношення між цими одиницями вимірювання таке: 1 мм рт. ст. = 133,28 Па.

Статичний тиск P_c — це різниця абсолютних тисків у повітроводі $P_в$ і поза повітроводом $P_н$. Оскільки тиск у повітроводі може бути більшим і меншим, ніж поза ним, то статичний тиск може мати знаки «плюс» і «мінус». Статичний тиск визначається за формулою $\pm P_с = P_в - P_н$.

Динамічний тиск $P_д$ — це тиск рухомого повітря на площину, перпендикулярну до напрямку руху потоку. Динамічний тиск визначається за формулою:

$$P_д = \rho_в V_т^2 / 2, \qquad (5.1)$$

де $\rho_в$ — щільність повітря, кг/м³;
$V_т$ — швидкість руху повітря в точці вимірювання, м/с.

Повний тиск дорівнює алгебраїчній сумі динамічного і статичного тисків, тобто $P_п = P_д + P_с$.

Одиницею вимірювання статичного, динамічного і повного тисків є Н/м², або Па; у технічній літературі зазначені тиски визначають також у кг/м². Оскільки об'єм води масою 1 кг на площі 1 м² має висоту 1 мм, то тиск можна також вимірювати в міліметрах водяного стовпа (мм вод. ст.). Співвідношення між цими одиницями вимірювання таке: 1 кг/м² = 1 мм вод. ст. = 9,8 Па.

Щоб вимірювати статичний тиск, *застосовують трубку статичного тиску* (рис. 5.3, а, б), для повного — трубку повного тиску разом з манометрами або мік-

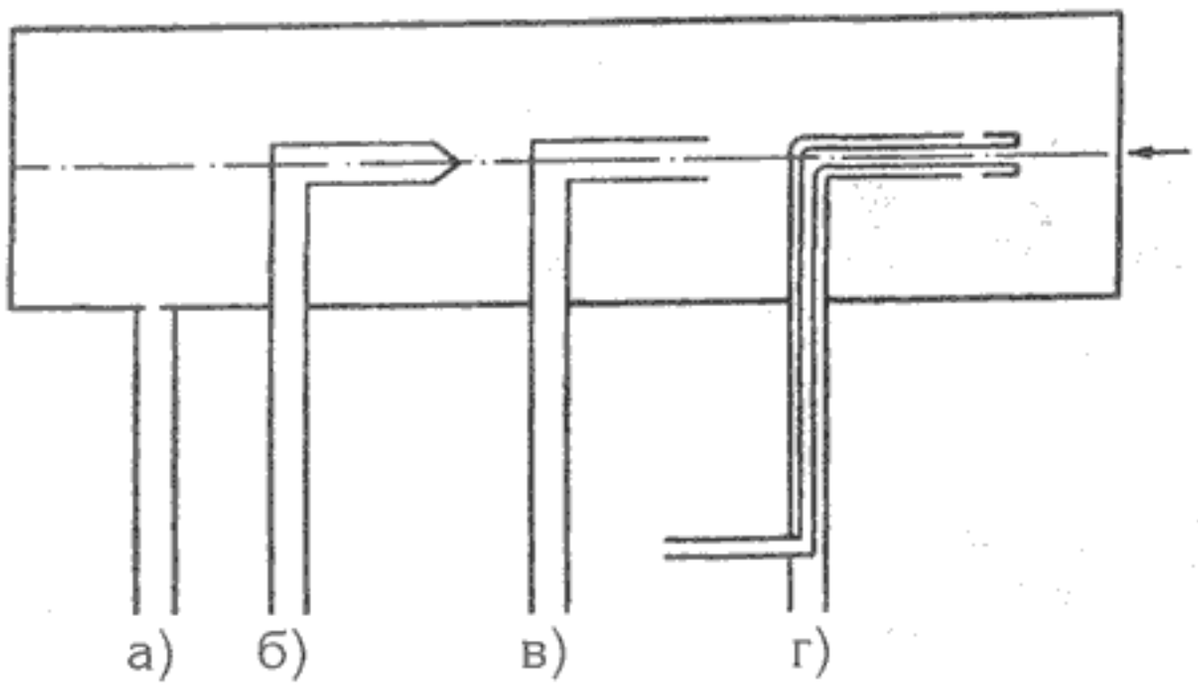


Рисунок 5.3
Трубки для вимірювання тиску

романометрами. Трубка статичного тиску має Г-подібну форму. У цій трубці тиск сприймають отвори, зроблені в бічній стінці, тобто отвори, площини яких розташовані паралельно напрямку руху повітря. Для сприйняття статичного тиску нерідко в стінці повітроводу роблять отвори діаметром 0,5–1,5 мм, до яких підключають мікроманометр (рис. 5.3, а, б).

Трубка повного тиску має також Г-подібну форму, її отвір у повітропроводі спрямовується проти руху потоку (рис. 5.3, в). Нерідко трубки статичного й повного тиску застосовують разом, тоді трубка називається повітровимірювальною, або трубкою Піто (рис. 5.3, г).

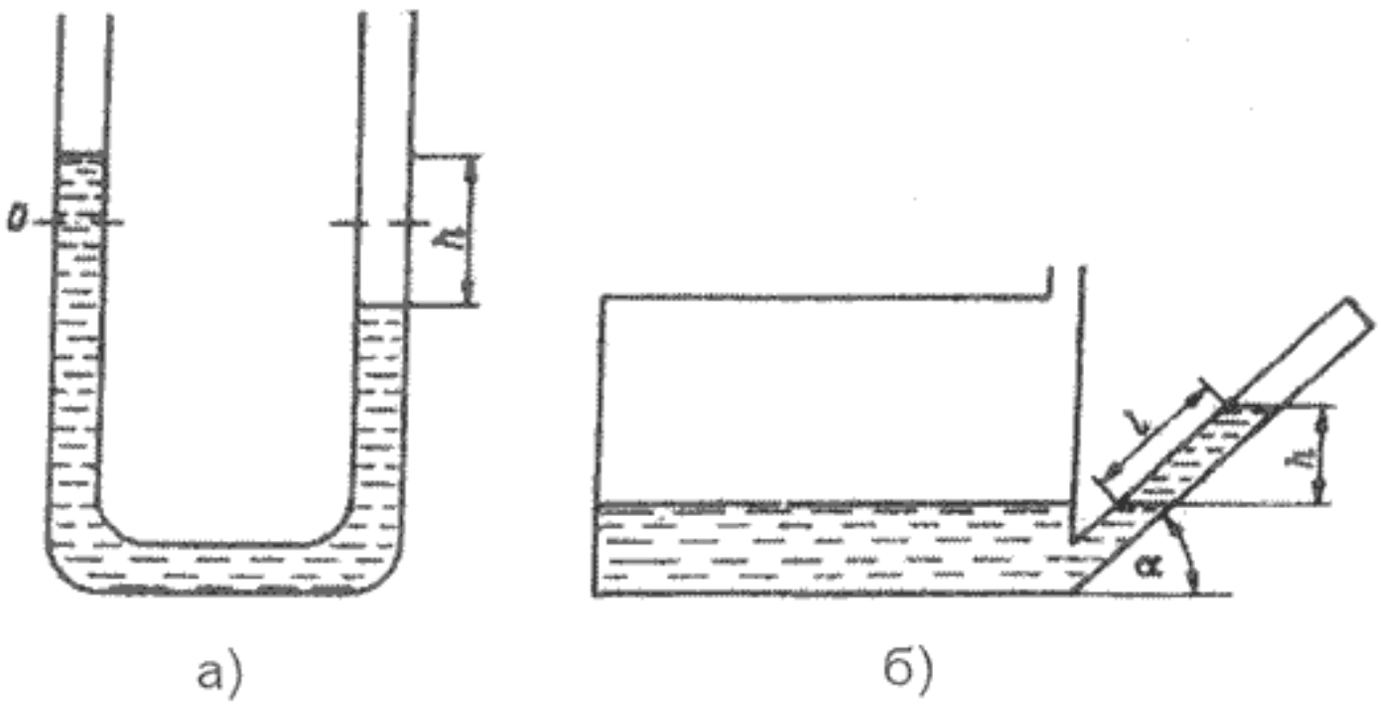


Рисунок 5.4
Схеми U-подібного манометра (а) та мікроманометра (б)

Манометр являє собою U-подібну скляну трубку, яку заповнюють рідиною (рис. 5.4, а), найчастіше водою. Щоб розрахунки були більш точними, нерідко застосовують більш легкі рідини (спирт, ефір тощо).

Мікроманометр (рис. 5.4, б) відрізняється від манометра тим, що одна з його трубок має більший поперечний переріз. Співвідношення площ поперечних перерізів 1:250. Тому можна знехтувати зміною висоти рідини в широкій трубці і визначати величину тиску тільки за положенням рідини в другій трубці. Щоб підвищити точність результатів, друга трубка кріпиться так, щоб кут між віссю трубки і горизонтальною площиною a можна було змінювати в широких межах. Крім того, щоб досягти цього, мікроманометр заповнюють більш легкою рідиною (спиртом, ефіром тощо), що має щільність ρ_c.

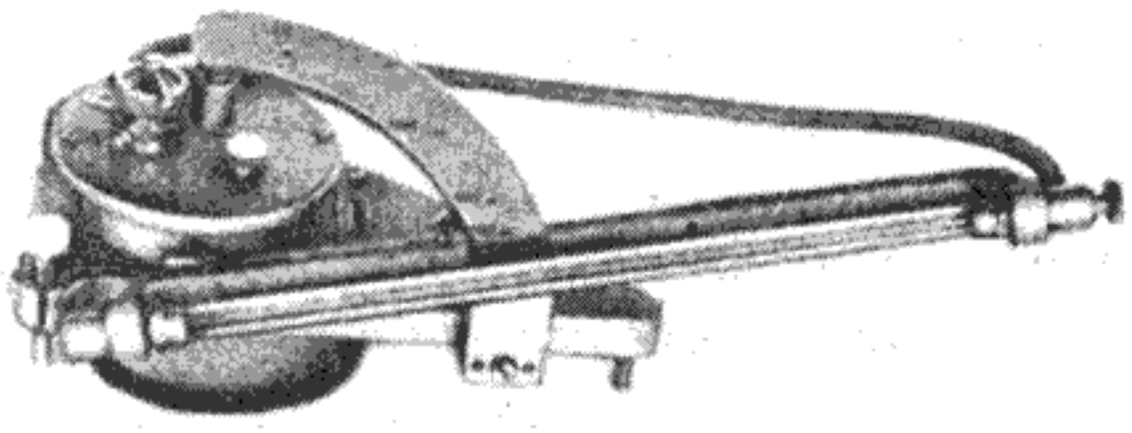


Рисунок 5.5
Мікроманометр ММН-240

Широкого застосування набув мікроманометр ММН-240 (рис. 5.5). Він складається з корпуса, де закріплено резервуар (нерухому трубку), і кронштейна, на якому кріпиться скляна трубка.

Кронштейн кріпиться так, щоб кут між трубкою і горизонтальною площиною змінювався в межах 5–90°. За цієї умови рідина, піднімаючись на висоту h, проходить у трубці відстань L. Мікроманометри заповнюють спиртом, шкалу градують у міліметрах. Тиск, визначений за допомогою мікроманометра, $P = \rho_c L \sin \alpha = k_м L$. Величини коефіцієнта $k_м$ (0,2; 0,3; 0,4; 0,6; 0,8) вказують на дузі кронштейна мікроманометра. Точність вимірювань за допомогою мікроманометра становить 0,01 Н · м².

Знімати покази можна тоді, коли рідина в скляній трубці підніметься вище нульової позначки. Для цього тиск у скляній трубці повинен бути меншим, ніж у резервуарі. Тому трубки позначають відповідно знаками «мінус» і «плюс».

Щоб виміряти статичний тиск, трубку статичного тиску потрібно підключити до трубки мікроманометра зі знаком «мінус» (якщо повітроводи витяжні) або до трубки зі знаком «плюс» (якщо повітроводи припливні). Вільна трубка («плюс» чи «мінус») мікроманометра залишається відкритою, тобто вона сполучається з атмосферою.

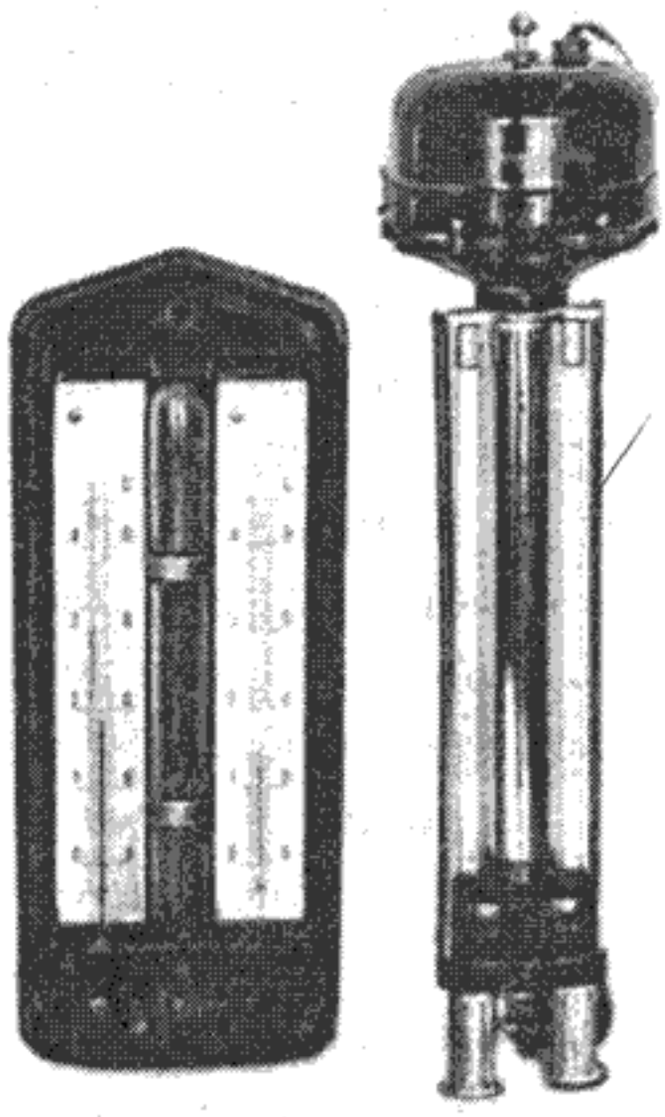
Вимірюючи повний тиск, першу трубку («плюс») повітровимірювальної трубки підключають до трубки («плюс» чи «мінус») мікроманометра. Друга трубка мікроманометра сполучається з атмосферою.

Динамічний тиск вимірюють, під'єднавши трубку статичного тиску до трубки мікроманометра зі знаком «мінус», а трубку повного тиску під'єднують до трубки мікроманометра зі знаком «плюс». Визначивши динамічний тиск із формули (5.1), можна обчислити швидкість руху повітря $V_m = \sqrt{2P_д} / \rho_в$. За допомогою мікроманометрів з повітровимірювальною трубкою можна виміряти швидкість руху повітря, якщо вона не менша ніж 2 м/с.

Найбільш досконалі прилади для вимірювання швидкості руху повітря — *електротермоанемометри*. Основою конструкції електротермоанемометрів є міст Уїнстона, у якому один з опорів замінено на датчик, що являє собою вольфрамовий дріт діаметром 19 мкм і довжиною 5–10 мм. Через дріт пропускають струм силою 100–300 мА, і він нагрівається до температури 150…200 °С. У потоці повітря відведення теплоти від дроту збільшується, температура знижується, змінюється також опір дроту. Це дає змогу при постійному струмі за опором або при постійному опорі за силою струму визначити швидкість руху повітря. Достоїнст-

во цих приладів — велика точність, невеликі розміри датчика і можливість визначити швидкість руху й температуру повітря в будь-яких межах.

Відносну вологість повітря вимірюють за допомогою *психрометрів.* Психрометр являє собою два термометри, в одному з яких резервуар із ртуттю обмотується м'якою тканиною, змоченою водою. Цей термометр називається «мокрим». На випаровування води витрачається частина теплоти, що надходить з навколишнього середовища, тому «мокрий» термометр показує меншу температуру, ніж сухий. Інтенсивність випаровування, а отже, і показання «мокрого» термометра залежать від відносної вологості. Тому за різницею показань термометрів можна визначити відносну вологість повітря.



а) б)

Рисунок 5.6
Психометри Августа (а) та Асмана (б)

Для вимірювання відносної вологості найчастіше використовують психрометри Августа й Асмана. *Психрометр Августа* (рис. 5.6, а) являє собою два термометри. В одному з них ємність зі спиртом обгорнута бавовняною тканиною, кінець якої опущений у воду, що міститься в нижній частині гачкоподібної трубки. Вода з трубки надходить поступово, що дає можливість заповнювати психрометр водою приблизно один раз на 6–7 днів. За різницею показань термометрів за спеціальною таблицею визначають відносну вологість. Недолік цього психрометра — низька точність результатів, що пояснюється впливом зовнішньої променистої енергії і термоізоляцією повітря.

Психрометр Асмана (рис. 5.6, б) являє собою також два термометри, в одному з яких ємність із ртуттю обмотана тканиною, що змочується водою. У цьому психрометрі термометри розміщуються в металевих трубках, через які зі швидкістю 2,5 м/с проганяють вентилятором повітря. Завдяки цьому точність результатів значно підвищується.

§ 5.5. Основні шкідливі речовини в повітрі робочої зони

Основні шкідливі речовини, що супроводжують технологічні процеси на підприємствах, — пил, гази (CO, CO_2, NO, SO та ін.), пари розчинників і розріджувачів фарб, ґрунтів, клеїв (ацетону, ксилолу, уайт-спіриту тощо).

На підприємствах пил утворюється під час обробки дерева, пластмас, ізоляційних матеріалів, при зачищенні зварювальних швів, іржі, окалини, старої фарби тощо. Частинки пилу утворюються також під час горіння, плавлення, випаровування, у результаті деяких хімічних і термічних процесів (при зварювальних роботах, механічному фарбуванні тощо).

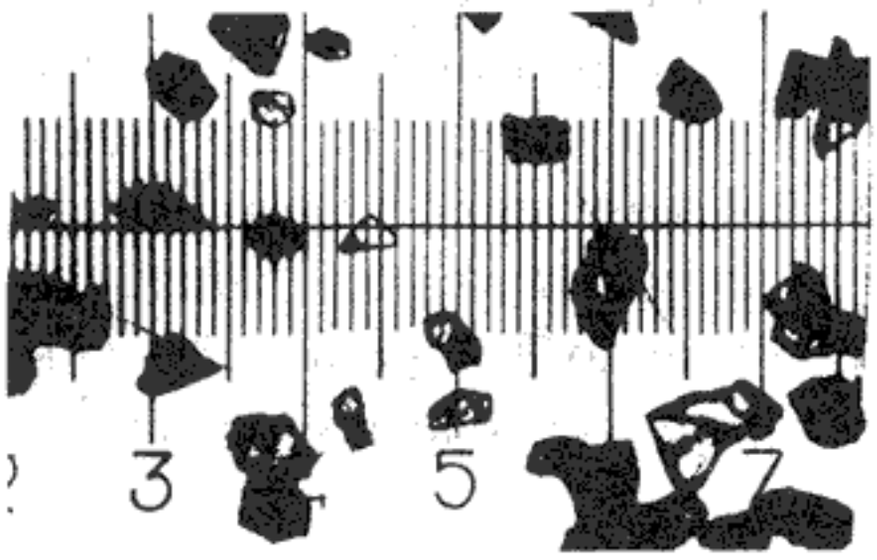


Рисунок 5.7
Мікрофотографія пилу

Промисловий пил — це сукупність частинок, діаметр яких не перевищує 100 мкм. Поняття «діаметр частинок» є умовним. Насправді частинки мають неправильну форму і, розглядаючи їх на предметному склі під мікроскопом, можна визначити тільки два розміри (рис. 5.7), третій же розмір може істотно (у два–три рази) відрізнятися від цих розмірів. Тому використовується умовна величина, що характеризує розмір частинок. Найчастіше такою величиною є «еквівалентний діаметр», тобто діаметр кулі, що має такий же об'єм, як і частинка.

За допомогою сучасних методів аналізу важко визначити третій розмір частинок, тому на практиці обмежуються визначенням средньоарифметичного розміру горизонтальної проекції у двох взаємно перпендикулярних напрямках під мікроскопом ($d_ч$).

Висока дисперсність промислового пилу — одна з найбільш характерних фізико-хімічних властивостей, що визначає його активність, а нерідко і появу нових властивостей, яких не мав вихідний матеріал. Наприклад, вугілля і дерево горять, а їх пил вибухає; пил (навіть з гідрофільних матеріалів), частинки якого мають розміри менше ніж 5 мкм, дуже погано змочується водою, але добре адсорбує гази і т. ін.

Причиною зростання активності фізико-хімічних властивостей пилу є те, що зі зменшенням розмірів частинок збільшується їх питома поверхня: $S_{пит.} = 6 / d_ч$. Якщо $d_ч = 1$ м, отримає $S_{пит.} = 6$ м²/м³, якщо $d_ч = 10^{-6}$ м (1 мкм), маємо $S_{пит.} =$ = 6 млн м²/м³, тобто $S_{пит.}$ збільшується в 10^6 разів.

Різноманітність властивостей частинок є причиною різноманітності їх класифікації. Так, частинки поділяються за розмірами, швидкістю осідання в спокійному повітрі, змочуваністю, розчинністю, токсичністю тощо.

З погляду гігієнічних вимог найбільш важливою є класифікація пилу за його здатністю проникати й затримуватися в органах дихання. За цією ознакою пилові частинки поділяються на три групи. До першої групи належать частинки розміром до 0,2 мкм. Вони вільно проникають у легені, але через погану змочуваність

практично повністю видаляються звідти. До другої групи належать частинки розміром 0,2–10 мкм. Ці частинки також легко проникають у легені, але порівняно добре змочуються, тому повністю у них затримуються. Третю групу складають частинки розміром понад 10 мкм. У легені вони практично не проникають і затримуються у верхніх дихальних шляхах.

Осілі в легенях частинки призводять до професійних захворювань, об'єднаних у групу під назвою *пневмоконіози*. Наприклад, захворювання, спричинене вдиханням пилових частинок — оксидів заліза, що утворюються під час зварювання чорних металів, називається *сидерозом*. Осілі в легенях пилові частинки азбесту, що утворюються під час ізоляційних робіт, зумовлюють захворювання, що дістало назву *азбестоз*. Вдихання частинок оксиду кремнію (SiO_2), що утворюються під час формувальних робіт у ливарних цехах, призводить до захворювання на *силікоз* і т. ін.

Особливо небезпечними є частинки пилу, що осідають у верхніх дихальних шляхах. Вони можуть спричинити таке захворювання, як *бронхіт*. Пил отруйних речовин призводить до гострих отруєнь. Пил, що має подразнювальну дію, може викликати різні запальні процеси шкіри (дерматити, екземи тощо). Потрапляння великих частинок пилу в очі може спричинити їх механічне ушкодження, кон'юнктивіт та інші захворювання.

Під час зварювальних робіт, у ливарних, ковальських та інших цехах у повітря надходять оксиди вуглецю, азоту, сірки.

Оксид вуглецю (CO) — газ без смаку, кольору, легший за повітря, отруйний. *Діоксид вуглецю* (CO_2) — також безбарвний газ, але при великій концентрації має кислуватий смак, він важчий за повітря, тому може накопичуватися в нижніх приміщеннях. Газ вважається ядучим. За об'ємом постійна концентрація його в атмосферному повітрі становить 0,03 %. Збільшення концентрації до 1 % призводить до головного болю, появи утоми. Збільшення концентрації до 5 % смертельно небезпечне. *Оксиди азоту* — гази бурого кольору з різким неприємним запахом, дуже отруйні.

Під час ізоляційних, ґрунтувальних і фарбувальних робіт у повітря виділяються пари розчинників і розріджувачів (ацетону, толуолу, ксилолу й інших речовин). Вплив цих речовин на організм залежить від їх розчинності у воді, жирах, крові і може призвести до отруєнь, ураження нервової системи, наркотичного стану.

Імовірність ушкодження здоров'я людини шкідливими речовинами залежить від їхньої токсичності і концентрації в повітрі. *Концентрація шкідливих речовин у повітрі* — це їх вагова кількість в одиниці об'єму ($мг/м^3$). Концентрацію пилу іноді виражають і в так званих рахункових показниках ($част./см^3$).

Таблиця 5.7
ГДК деяких речовин

Речовина	ГДК, мг/м^3
Алюміній і його сплави (у перерахунку на А1)	2
Пил, що містить вільний SiO_2: понад 70 % 10–70 % менше 10 %	 1 2 4
Пил оксидів заліза з домішкою оксидів марганцю: до 3 % 3–6 %	 6 4
Титан і його оксид	1
Пил, що містить понад 10 % азбесту	2
Марганцевий пил	0,3
Свинцевий пил	0,01
Оксид хрому	0,01
Оксид вуглецю	20
Оксиди азоту (у перерахунку на NO_2)	5
Ацетон (пари)	200
Бензин-розчинник (пари в перерахунку на С)	300
Ксилол (пари)	50
Ртуть металева	0,01

Щоб запобігти професійним захворюванням і гострим отруєнням, «Санітарні норми проектування промислових підприємств» (СН 245-71) і ГОСТ 12.1.007-88 ССБТ «Шкідливі речовини. Класифікація і загальні вимоги безпеки» визначають гранично допустимі концентрації (ГДК) (табл. 5.7) для великої кількості шкідливих речовин (703 назви).

Усі шкідливі речовини поділяються на дві групи: односпрямованої дії і ті, що не є такими. Односпрямованість дії шкідливих речовин — це їхня здатність впливати на якийсь один чи кілька органів людини, викликаючи те саме захворювання. Наприклад, пари бензину-розчинника призводять до захворювань нервової системи. Ці ж захворювання може спричинити вплив парів ксилолу. Тобто ці речовини виявляють односпрямованість дії. Поєднання речовин односпрямованої дії наведено в СН 245-71.

ВИДАВНИЧИЙ ДІМ ПРОФЕСІОНАЛ

§ 5.6. Методи й прилади для визначення концентрації шкідливих речовин

У комплексі заходів щодо створення нормальних умов праці дуже важливою справою є контроль за вмістом шкідливих речовин у повітряному середовищі. Особливо необхідний такий контроль під час зварювальних, ізоляційних, фарбувальних та інших робіт, коли виділяється велика кількість шкідливих речовин.

Для визначення концентрації шкідливих речовин у повітряному середовищі існує ціла низка методів. Вибір методу обумовлюється насамперед необхідною точністю і межами вимірювання, а також часом, необхідним для проведення аналізу. Відповідно до цього розрізняють такі методи: індикаційні, експрес-методи та лабораторні.

В основі *індикаційних методів* лежить взаємодія окремих речовин, що супроводжується зміною їхнього кольору. За інтенсивністю зміни кольору однієї речовини визначають концентрацію іншої. Так, папір, просочений оцтовокислим свинцем, чорніє внаслідок взаємодії із сірководнем. За інтенсивністю почорніння визначають вміст останнього. Достоїнством приладів цієї групи є їхня простота. Однак низька точність результатів перешкоджає їх широкому застосуванню з метою санітарного контролю за концентрацією шкідливих речовин у повітрі виробничих приміщень.

В *експрес-методах* також використовується процес взаємодії окремих речовин, що супроводжується зміною їхнього кольору. Однак у даному випадку речовиною, що змінює колір, просочується третя речовина, яка поглинає ту речовину, концентрацію якої слід визначити (силікагель, активоване вугілля тощо). Зазначені речовини поміщають у скляну трубку діаметром 2–5 мм і довжиною 150–200 мм. Пропускаючи через трубку певну кількість повітря, його таким чином очищають. Залежно від кількості шкідливої речовини в повітрі змінюється довжина пофарбованої частини трубки. За цією зміною і визначають її концентрацію.

Гранично допустиму концентрацію шкідливих речовин, що не виявляють односпрямованості дії (наприклад, при зварювальних роботах), чи якщо в повітрі міститься лише одна речовина (наприклад, пари розчинників при використанні фарб ЕКЖС-10, ЕП-753, К0240 та ін.), визначають за СН 245-71.

Якщо в повітряному середовищі міститься кілька шкідливих речовин, що виявляють односпрямованість дії, то їх допустима концентрація визначається в такий спосіб.

Під час ізоляційних і фарбувальних робіт використовують клеї, емалі, фарби й інші матеріали, що являють собою розчин плівкоутворювальної речовини в органічних розчинниках і розріджувачах. Щоб надати плівці задані характеристики, застосовують складні плівкоутворювальні сполуки, які в більшості випадків розчи-

няють у декількох розчинниках. Згідно із СН 245-71 ці речовини виявляють односпрямованість дії; їх допустиму концентрацію в повітрі перевіряють за формулою:

$$N_1 / N_{рз1} + \ldots + N_n / N_{рзn} \le 1, \qquad (5.2)$$

де $N_1, \ldots, N_n$ — фактична концентрація парів шкідливих речовин, мг/м³;
$N_{рз1}, \ldots, N_{рзn}$ — гранично допустима концентрація шкідливих речовин у робочій зоні (ГОСТ 12.1.007-88), мг/м³;
n — кількість шкідливих речовин односпрямованої дії в повітрі.

Величину концентрації $N_1, \ldots, N_n$ визначають за допомогою приладів під час проведення санітарного контролю повітряного середовища. Однак це вимагає великої кількості аналізів.

Якщо склад фарб відомий, то умови праці можна контролювати за аналізом лише однієї (бажано найбільш небезпечної) речовини. Її допустиму концентрацію визначають у такий спосіб. За умови одночасного виділення в атмосферу приміщення декількох речовин односпрямованої дії кількість повітря для загальнообмінної вентиляції розраховується для кожної речовини окремо за формулою:

$$Q_0 = \frac{A}{(N_{рз} - N_n)K_e}, \qquad (5.3)$$

де A — інтенсивність виділення шкідливих речовин, мг/з;
$N_{рз}$ — гранично припустима концентрація шкідливих речовин у робочій зоні, мг/м³;
$N_п$ — концентрація шкідливих речовин у повітрі, що надходить у приміщення, мг/м³;
$K_е$ — коефіцієнт ефективності вентиляції.

Для вентиляції приміщень приймається сумарна кількість повітря. Тоді фактичну концентрацію шкідливих речовин у цьому повітрі $N_ф$ можна визначити з розрахунку інтенсивності їх виділення. Якщо $K_е = 1$ і $N_в = 0$, то з формули (5.3) $A = Q_0 N_{рз}$. Рівночасно $A = Q'_с N_ф$, де $Q'_с$ — сумарна кількість повітря, необхідна для вентиляції приміщення, м³/с.

Так як $Q_0 N_{рз} = Q'_с N_ф$, то

$$N_ф = (Q_0 / Q'_с)\, N_{рз} \qquad (5.4)$$

є розрахунковою концентрацією, за якою слід контролювати відповідність умов праці санітарним нормам (табл. 5.7).

У закриті і важкодоступні приміщення часто неможливо подати необхідну для створення нормальних умов праці кількість повітря. Тоді допускається подача в приміщення такого обсягу повітря, що забезпечував би безпечну концентрацію шкідливих речовин за умови роботи в респіраторах.

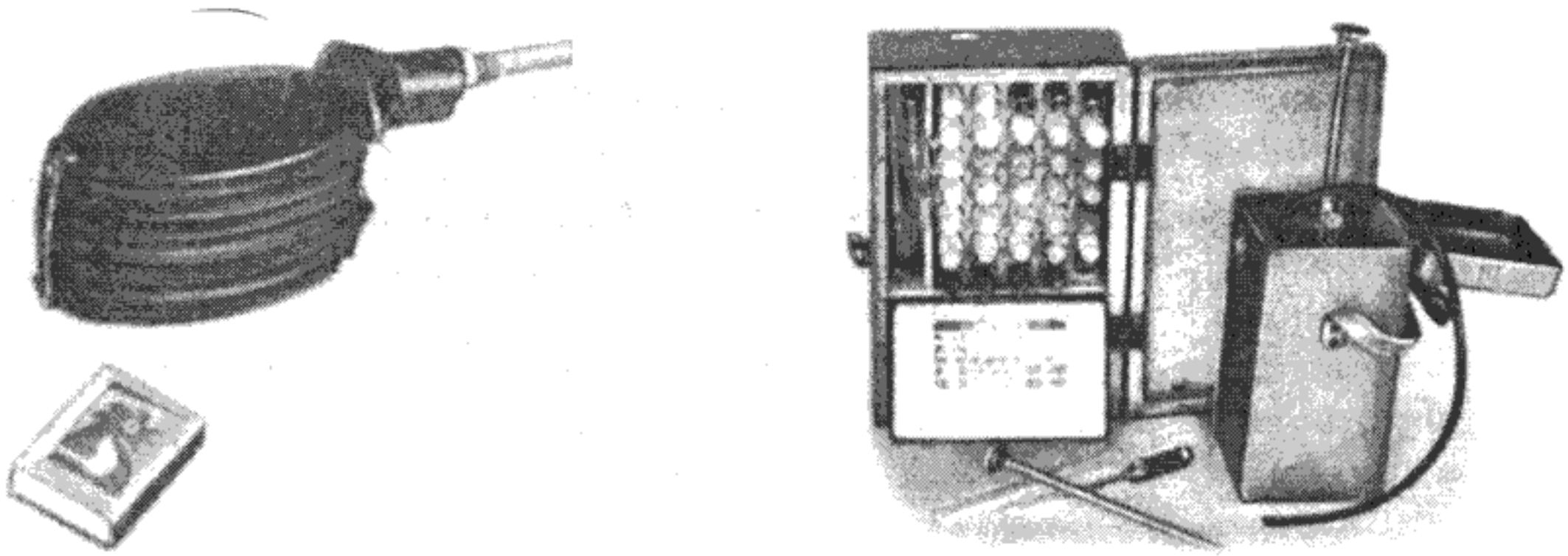
Використання фільтрувальних респіраторів передбачає, що допустиму концентрацію шкідливих речовин у повітрі приміщень розраховують, виходячи з умови забезпечення гранично допустимої концентрації шкідливих речовин у вдихуваному повітрі з врахуванням коефіцієнта його очищення фільтрувальним елементом. За умови використання ізолювальних респіраторів санітарні норми не обмежують концентрацію шкідливих речовин у повітрі Однак більшість шкідливих речовин, що виділяються під час ізолювальних і фарбувальних робіт, є вибухонебезпечними. Щоб унеможливити вибух, концентрація цих шкідливих речовин повинна бути вибухобезпечною, тобто не перевищувати 5 % від їх нижньої межі займання.

Таблиця 5.8

Допустима концентрація шкідливих речовин у повітряному середовищі при фарбувальних роботах

Фарба	Питомі витрати фарби, г/м^2	Розчинник	Кількість розчинника, %	Допустима концентрація, мг/м^3		
				по СН	для роботи в респіраторах	для вибухобезпечних середовищ
ВЛ-023	100	Етанол	38	1000/20	–	2450/1296
		Бутанол	18	10/9	–	2450/613
		Ацетон	18	200/9	300	2680/615
ХС-04	110	Бутил-ацетат	7,2	200/8	1000/855	4030/318
		Ацетон	15,6	200/18	300/160	2680/678
		Толуол	37,2	50/43	1000/380	2410/1610
ХС-76	150	Бутил-ацетат	50	200/69	1000/478	4030/2020
		Толуол	21	50/29	1000/202	2410/844
		Ацетон	10	200/14	300/96	2680/397
ПФ-218	100	Уайт-спірит	36	300/270	1000	2580/2223
		Скипидар	4	300/29,9	–	1810/247
ФЛ-ОЗК	90	Ксилол	18	50/43	1000/500	2180/1183
		Уайт-спірит	18	300/43	1000/500	2580/1173

Примітка. Чисельник — для окремої речовини, знаменник — для компонента суміші.



а) б)

Рисунок 5.8
Газоаналізатори ГХ-4 (а) та УГ-2 (б)

Розраховані за формулою (5.4) допустимі концентрації шкідливих речовин у повітрі при фарбувальних роботах наведено в табл. 5.8.

На підприємствах концентрації шкідливих речовин вимірюють за допомогою газоаналізаторів ГХ-4 і УГ-2.

Газоаналізатор ГХ-4 (рис. 5.8, а) являє собою гумову камеру з постійним об'ємом 100 $см^3$. Він обладнаний готовими індикаторними трубками для визначення концентрації оксидів вуглецю, азоту і сірки, тобто шкідливих речовин, що не виявляють односпрямованості дії. За допомогою такого приладу можна оперативно протягом 1–2 хв оцінити умови праці. Газоаналізатор ГХ-4 широко застосовується в багатьох галузях промисловості. Як правило, цей прилад використовують безпосередньо на робочих місцях, що дає змогу запобігти можливим отруєнням.

Газоаналізатор УГ-2 (рис. 5.8, б) також являє собою гумову камеру об'ємом 500 $см^3$, захована в металевий корпус. За допомогою спеціальних штоків об'єм камери можна змінювати від 25 до 500 $см^3$. Комплектування приладу передбачає набір хімічних речовин, з яких на підприємствах готують індикаторні трубки.

Переваги газоаналізаторів УГ-2 — простота будови, можливість вимірювання концентрації шкідливих речовин протягом 2–4 хв безпосередньо на робочих місцях, достатня для оперативного контролю точність результатів аналізу.

Недолік газоаналізатора УГ-2 — відсутність індикаторних трубок заводського виготовлення. Підготовка трубок на підприємствах знижує точність результатів аналізів. Крім того, межі вимірюваної концентрації шкідливих речовин, що виявляють односпрямованість дії, не задовольняють потреби виробництва.

Таблиця 5.9

Основні характеристики індикаторних трубок

Вимірювана речовина	Об'єм всмоктуваного повітря, $см^3$	Межі вимірювання концентрації	Тривалість аналізу, хв
Ацетон	300	0–2000	7
Ксилол	300	0–500	4
	120	0–2000	3
Толуол	300	0–500	7
	100	0–2000	4
Вуглеводні нафти	300	0–1000	7
Оксид вуглецю	220	0–120	8
	60	0–400	5

Наприклад, з табл. 5.7 видно, що при використанні ґрунту ВЛ-023 для контролю за умовами праці і дотриманням санітарно-гігієнічних норм і правил допустима концентрація ацетону повинна становити 9 $мг/м^3$, а вибухобезпечна концентрація — 2680 $мг/м^3$. Газоаналізатор УГ-2 має одну шкалу концентрації (табл. 5.9), за якою величину 9 мг/м3 можна визначити з дуже низькою точністю, а величина 2680 $мг/м^3$ виходить далеко за межі шкали. Недостатні межі вимірювання за допомогою індикаторних трубок концентрації і для інших речовин.

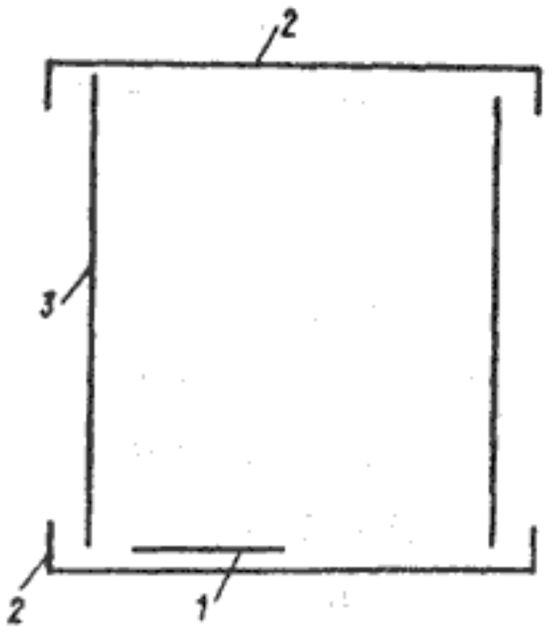


Рисунок 5.9
Лічильник Гріна: 1 — предметне скло; 2 — кришки; 3 — металевий циліндр

Можна збільшити межі вимірюваних концентрацій шкідливих речовин, збільшуючи і зменшуючи діаметр і довжину індикаторних трубок, але в цьому випадку їх необхідно вивірити. Точність результатів залежатиме від сталості густини речовини, що заповнює трубку.

Лабораторні методи дають можливість із високою точністю визначати концентрацію шкідливих речовин. Однак вони відрізняються великою трудомісткістю аналізу і складністю приладів. Так, для визначення концентрації пилу застосовують два методи: ваговий і рахунковий.

Рахунковий метод базується на осадженні частинок під дією гравітаційних, інерційних та інших сил на предметне скло в кількості, достатній для обробки препарату під мікроскопом.

Найпростіший прилад, який застосовується для визначення рахункової концентрації, — лічильник Гріна (рис. 5.9). Щоб приготувати препарат, необхідно зняти кришки, кілька разів змахнути приладом, аби він заповнився аналізованим повітрям, на нижню кришку покласти предметне скло, кришки закрити й поставити прилад у вертикальне положення на 20–24 год. За цей час частинки пилу осядуть на предметне скло. Кількість частинок пилу і їх дисперсний склад визначають під мікроскопом, що має збільшення 125–1250 разів.

Ваговий метод базується на фільтрації запиленого повітря через різні матеріали з наступним визначенням маси пилу й кількості всмоктуваного через фільтр повітря. При цьому концентрація пилу

$$N = P / Q_{\text{п}},$$

де P — кількість осілої на фільтрі пилу, мг;

$Q_{\text{п}}$ — об'єм всмоктуваного через фільтр повітря, м^3.

Найбільш розповсюдженим матеріалом для фільтрації повітря є гідрофобна полімерна тканина ФПП-15. Основне достоїнство тканини — висока ефективність затримування пилу (навіть при швидкості фільтрації 1–1,5 м/с) і її інертність щодо вологи. Це дає змогу обробляти фільтр без попереднього висушування. Фільтри з тканини ФПП-15 можна застосовувати при визначенні запиленості повітря як за допомогою рахункових, так і вагових методів.

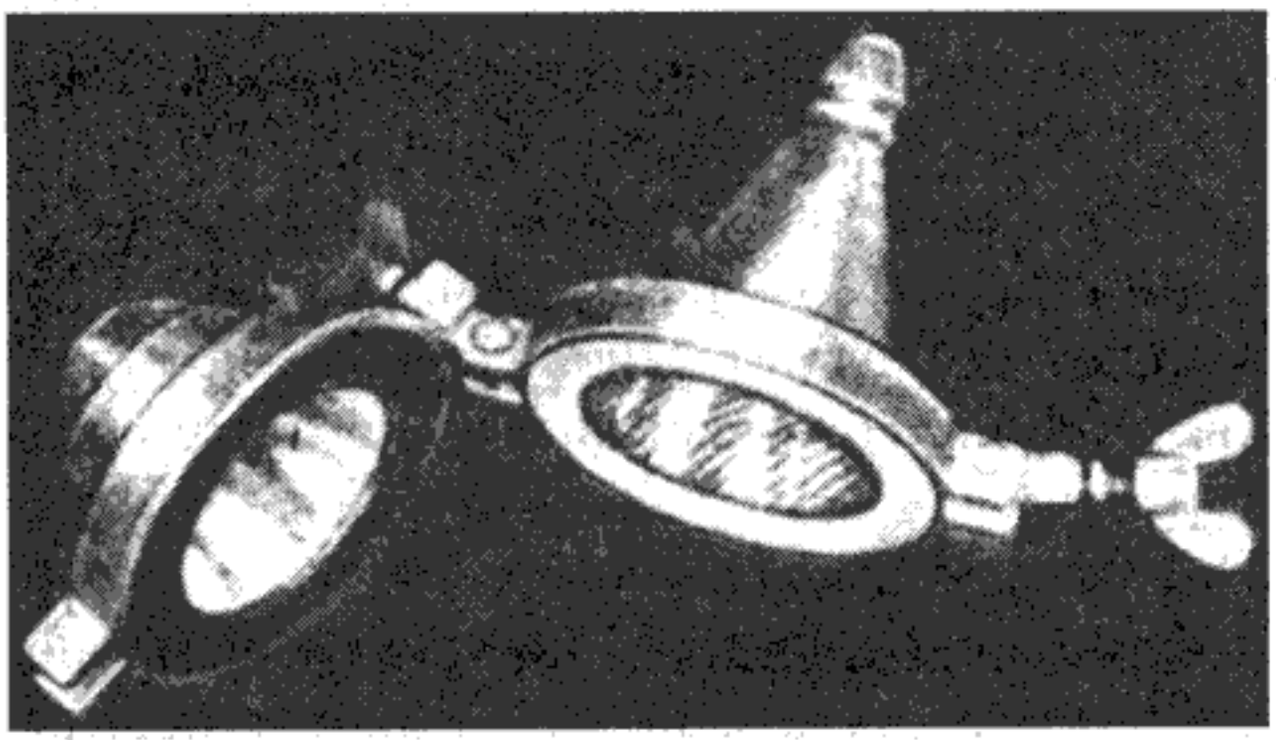


Рисунок 5.10
Патрон для кріплення фільтра АФА-В-18

З тканини ФПП-15 промисловість виготовляє фільтри АФА-В-18 і АФА-В-10, що відрізняються величиною площі фільтрації. Вона, відповідно, дорівнює 18 і 10 см^2. Фільтри можна застосовувати за умови, що температура повітря не перевищує 50 °С. Щоб відібрати проби, фільтри кріплять у спеціальних патронах (рис. 5.10). Проби повітря з трубопроводу відбираються через спеціальні повітрозабірні трубки з наконечниками. Повітря через фільтр може всмоктуватися ежектором, повітродувкою або пилососом.

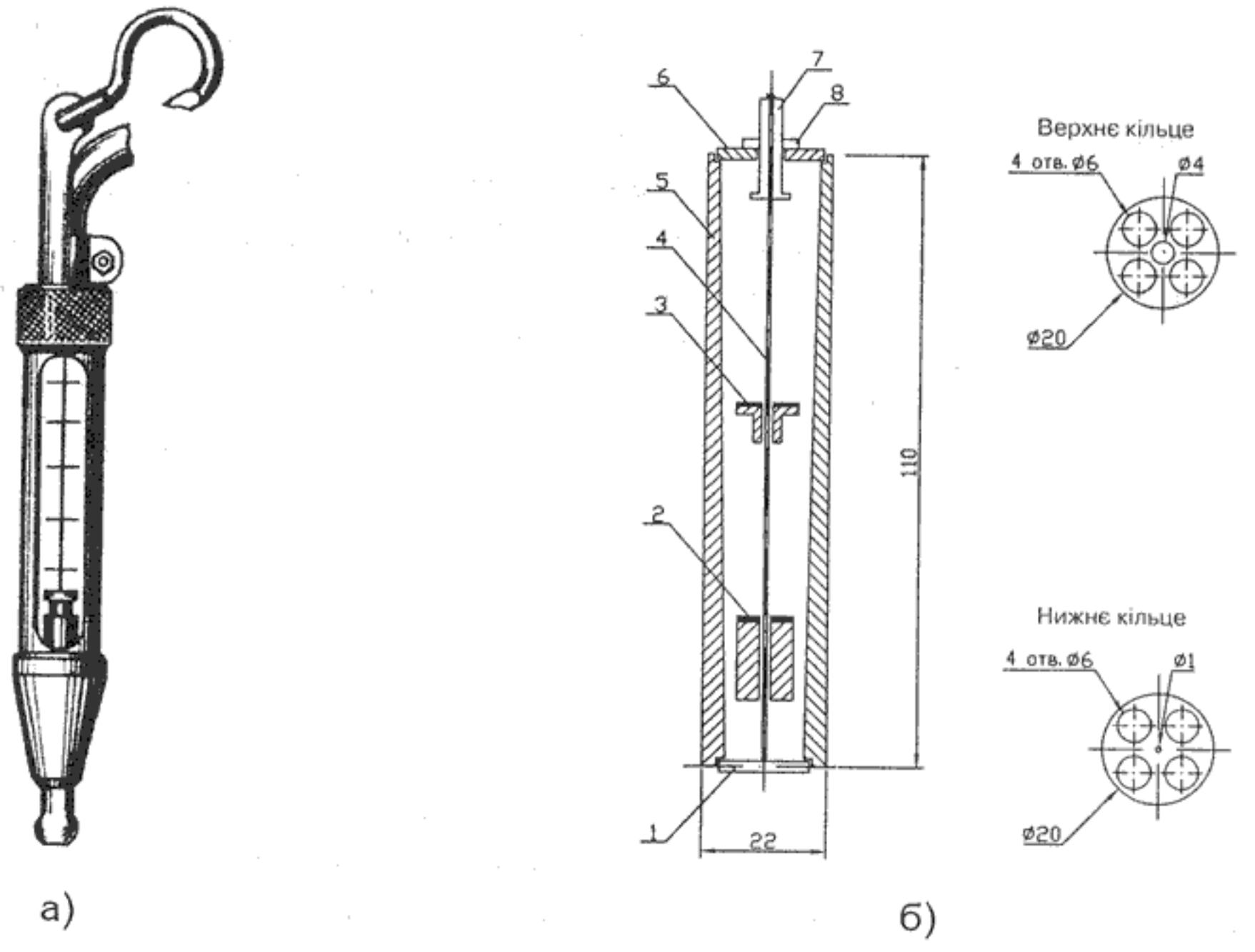


Рисунок 5.11
Ротаметр: а — загальний вид; б — будова

Вимірювати об'єм всмоктуваного повітря найкраще за допомогою ротаметра Криворізького ВГСЧа (рис. 5.11, а). Основним його елементом є конусоподібна вимірювальна трубка, виготовлена з плексигласу.

Зазначені на рис. 5.11, б розміри дають можливість заміряти з дуже високою точністю — до 25 л/хв — витрати повітря верхнім поплавцем, нижнім — до 70 л/хв. Коли виникає необхідність вимірювати інші витрати повітря, розміри трубки можуть бути змінені. Основне їхнє достоїнство — можливість виміряти об'єм повітря до 70 л/хв. Це дає змогу скоротити час відбору проби в два–три рази.

Так, при використанні ваг ВЛА-200г-м мінімальна навіска пилу на фільтрі повинна становити 2 мг. Якщо концентрація пилу 0,5 мг/м^3 (наприклад, у вхідному струмені), то через фільтр необхідно всмоктувати не менш як 4 м^3 повітря. Всмоктування через фільтр 20 л/хв повітря потребує 200 хв, тобто більш як 3 год. Збільшивши обсяг усмоктування повітря до 70 л/хв, вдається скоротити час відбору проби до 1 год, тобто в три рази.

У місцях, де немає джерел енергії, можна використовувати аспіратори АЕР-1 і А-Р-4, що мають автономне джерело енергії — два балони з повітрям під тиском 75 атм.

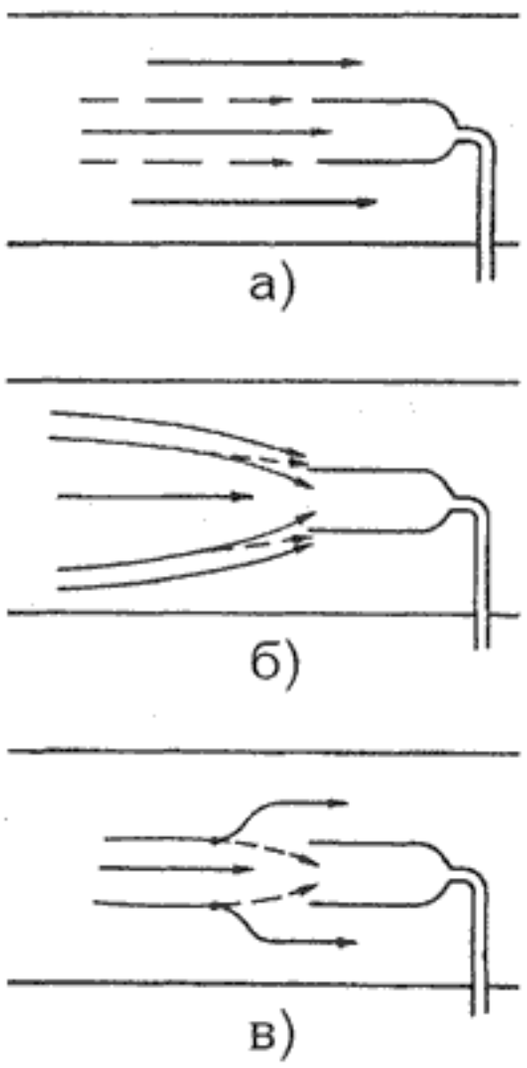


Рисунок 5.12
Схеми руху повітря при заборі проб

Особливістю відбору проб для визначення концентрації пилу є дотримання умов ізокінетичності, тобто рівності швидкостей руху потоку в повітрозабірній трубці $V_{тр}$ і швидкості руху потоку в точці забору $V_т$ (рис. 5.12, а). Це необхідно для підвищення точності визначення концентрації пилу. Справді, якщо $V_{тр} > V_т$ (рис. 5.12, б), то деяка кількість частинок пилу за інерцією збереже свій напрям руху й не потрапить у повітрозабірну трубку. У цьому випадку визначена концентрація пилу буде заниженою. Якщо $V_{тр} < V_т$ (рис. 5.12, в), то буде визначено завищену концентрацію. Кількість повітря, необхідна для всмоктування через фільтр із дотриманням ізокінетичності,

$$Q_і = S_{тр} V_т = (\pi d_{тр}^2 / 4)\ V_т,$$

де $d_{тр}$ — діаметр повітрозабірної трубки, м;
$S_{тр}$ — площа її поперечного перерізу, м^2.

§ 5.7. Визначення інтенсивності виділення шкідливих речовин

Інтенсивністю виділення пилу, газів і парів розчинників називається масова кількість їх надходження в повітря за одиницю часу, тобто

$$A = P / T, \qquad (5.5)$$

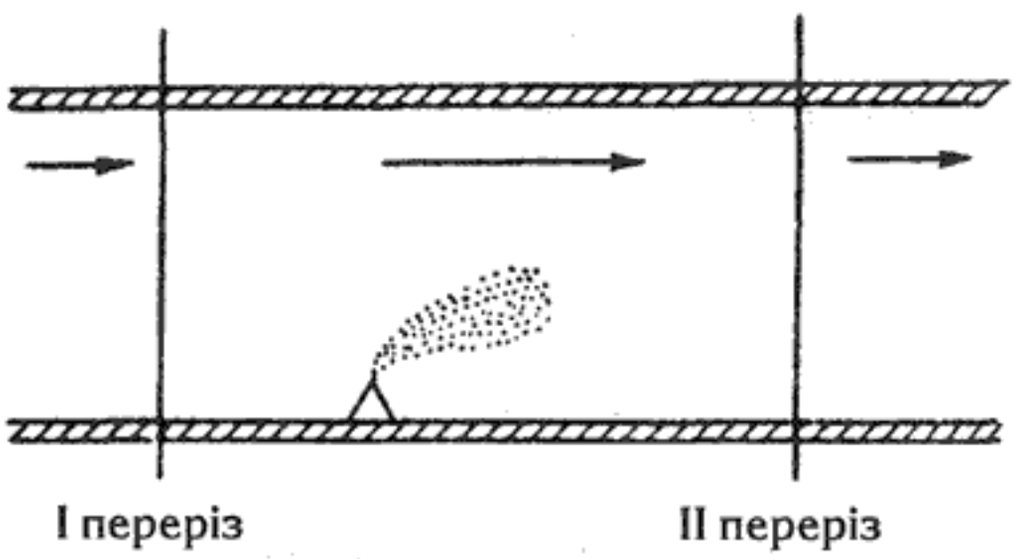


Рисунок 5.13
Схеми до визначення інтенсивності виділення шкідливих речовин

де P — кількість шкідливої речовини, що виділилася, мг;
T — час, протягом якого вона виділилася, с.

Інтенсивність виділення шкідливих паро- і газоподібних речовин є основним вихідним параметром при розрахунку загальнообмінної вентиляції.

Щоб визначити інтенсивність виділення, джерело утворення шкідливих речовин розташовують у потоці повітря (рис. 5.13).

Тоді ΔP — кількість шкідливої речовини, що виділилася, визначається як різниця її кількості, що пройшла через перерізи I і II повітроводу, тобто

$$\Delta P = P_2 - P_1, \tag{5.6}$$

де P_1, P_2 — кількість речовини, що пройшла через перерізи I і II, мг.

Кількість шкідливих речовин, що пройшла через поперечний переріз повітроводу:

$$P = Q_c N_c t, \tag{5.7}$$

де Q_c — кількість повітря, що пройшла через поперечний переріз повітроводу, $м^3/с$;

N_c — концентрація шкідливої речовини в повітрі, $мг/м^3$;

t — час відбору проби, с.

Підставивши у формулу (5.5) значення P з урахуванням індексів перерізів, отримаємо:

$$A = (Q_2 N_2 t_2 - Q_1 N_1 t_1) / T. \tag{5.8}$$

Відбір проб у перерізах I і II проводиться одночасно, тобто $t_1 = t_2$. Оскільки $Q_1 = Q_2 = Q$, то:

$$A = Q_t (N_2 - N_1) / T. \tag{5.9}$$

Розраховуючи системи загальнообмінної вентиляції, інтенсивність виділення шкідливих речовин при зварювальних роботах визначають за формулою:

$$A = M \cdot a, \tag{5.10}$$

де M — продуктивність, м/с, чи кількість використовуваних матеріалів (наприклад, електродів), кг/с;

a — питоме виділення шкідливих речовин, мг на 1 кг використаних електродів або на 1 м шва.

Питома (валова) кількість шкідливих речовин, що виділилися:

$$a = P / M. \tag{5.11}$$

Таблиця 5.10

Питома кількість шкідливих речовин, що виділяються при наплавлюванні, г/кг

Основний метал	Пил (загальна кількість)	Мідь	Діоксид азоту
Мідно-нікелевий сплав	4,7	2,1	0,2
Алюмінієва бронза	5,0	2,0	0,2
Латунь Л-63	17,0	8,5	0,3
Сплав монель	1,7	0,2	0,2

Примітка. У всіх видах наплавлювання питоме виділення NiO становить 0,2 г/кг; при наплавлюванні на мідно-нікелевий сплав, алюмінієву бронзу й латунь Л-63 питоме виділення MnO становить 0,1 г/кг; при наплавлюванні на мідно-нікелевий сплав, алюмінієву бронзу й сплав монель питоме виділення O_3 становить 0,2.

Таблиця 5.11

Питома кількість шкідливих речовин, що виділяються при плазмовому різанні, г/м

Метал	Товщина металу, мм	Пил (загальна кількість)	Діоксид азоту
Ст. 3	14	33	20
	25	42	33
	40	55	–
	100	80	–
Ст. 45	50	60	55
М-3	35	44	56
	80	86	–
Л-63	50	89	100
Д-16	40	41	106

Питому кількість шкідливих речовин, що виділилися під час наплавлювання й різання, наведено в табл. 5.10 і 5.11.

Особливістю визначеннння інтенсивності утворення й концентрації пилу в повітрі є необхідність врахування її дисперсного складу, тобто розподіл частинок за розмірами. У виробничих умовах розміри частинок пилу коливаються від 0,01 до 100 мкм. У газовому рухомому потоці ці частинки поводяться по-різному. Так,

при швидкості руху потоку $V_п$ = 0,5 м/с крупні частинки, що мають d > 10 мкм, повільно осідають, дрібні, у яких d < 10 мкм, рухаються як газові складові, тобто вони не осідають, а рівномірно розподіляються в поперечному перерізі потоку. Цим пояснюється та обставина, що концентрація пилу в повітрі, визначена за вищевикладеною методикою, буде залежати від швидкості руху потоку й відстані між джерелом утворення пилу й точкою відбору проб повітря. Це утруднює використання цих даних при проведенні розрахунків систем вентиляції.

Аналіз досліджень дисперсного стану пилу показує, що кількість частинок, що мають розміри до 10 мкм, становить 99,9 % від їх загальної кількості. Однак, оскільки вага частинок прямо пропорційна $d^3_ч$, то у ваговому вираженні ті 0,1 % частинок, що залишилися, можуть давати до 60–70 % загальної ваги пилу. Крім цього, з погляду професійних захворювань необхідно було б знати і враховувати вагу частинок, що мають розміри менше 10 мкм, тобто тільки тих, які проникають у легені й осідають там. Щоб виділити в загальній кількості пилу вагу частинок, що мають розміри до 10 мкм, розроблено вибірково-ваговий метод визначення концентрації пилу в повітрі. Для цього проби повітря рекомендується відбирати через циліндр довжиною 100–150 мм, поперечний переріз якого повинен бути таким, щоб швидкість руху повітря в ньому захоплювала тільки частинки пилу, що мають розміри менше ніж 10 мкм. Однак через складність ця методика не набула достатнього поширення.

§ 5.8. Очищення повітря від шкідливих речовин

Відповідно до санітарних норм СН 245-71 концентрація шкідливих речовин у вхідному струмені повітря систем вентиляції ($N_в$) не повинна перевищувати 30 % ГДК. Якщо прийняти ГДК для пилу при зварювальних роботах навіть 6 мг/м^3, то $N_в$ становитиме 2 мг/м^3. Однак у літній період (особливо у вітряну погоду в південних районах країни) концентрація пилу на промислових майданчиках рідко знижується до 2–3 мг і в середньому становить 5–6 мг/м^3, тобто повітря, яке подається в будинки через системи вентиляції, має концентрацію пилу значно більшу, ніж це допускається в СН 245-71 для робочих місць. Отже, перед подачею повітря в приміщення з метою їх провітрювання його необхідно очищати.

Основна причина великої концентрації шкідливих речовин в атмосферному повітрі — викиди промислових підприємств. Хімічний склад викидів різноманітний. Основна кількість шкідливих речовин припадає на оксид вуглецю — 32 %, діоксид сірки — 15 %, вуглець — 12 %, пил — 10 %, діоксид азоту — 5 %. Велику небезпеку для навколишнього середовища становлять високотоксичні речовини: ртуть, свинець, миш'як, хлор тощо. У загальному об'ємі промислових викидів

найбільша частка припадає на викиди теплоенергетики (25–40 %). Сучасна електростанція потужністю 2,4·103 МВт спалює 20 тис. т вугілля за добу й виділяє в атмосферу 120–240 т пилу, 680 т сірчистого газу, 200 т діоксиду азоту і сотні тонн інших шкідливих речовин.

Велика кількість шкідливих речовин припадає на викиди в атмосферу підприємств чорної металургії (20–25 %), будівельної промисловості, кольорової металургії. Суднобудівні підприємства порівняно з ними викидають в атмосферу відносно невелику кількість шкідливих речовин. Але і для одного заводу ці викиди досить суттєві: пилу — 2–3 т/доб., парів розчинників — 3–5 т/доб. Необхідно відзначити, що шкідливі викиди промислових підприємств можуть поширюватися на великі відстані. При цьому максимальна концентрація шкідливих речовин на поверхні землі в більшості випадків фіксуватиметься на відстані 2–3 км від місця викиду і навіть на відстані 10 км вона може в два рази і більше перевищувати допустимі санітарні норми.

Отже, очищення повітря від шкідливих речовин проводиться з метою забезпечення чистоти повітря, що подається для провітрювання приміщень, а також охорони навколишнього середовища.

Для очищення повітря від пилу застосовують апарати під назвою *пиловіддільники*, або *фільтри.* Їх основна характеристика — коефіцієнт очищення

$$\eta = (N'_{\text{п}}\, N'_{\text{к}}) / N'_{\text{п}} \cdot 100\ \%,$$

де $N'_{\text{п}}$ — концентрація пилу в повітрі, що надходить в апарат, мг/м^3;
$N'_{\text{к}}$ — концентрація пилу на виході з апарата, мг/м^3.

При двоступінчастому очищенні, тобто коли повітря проходить через два послідовно розташовані апарати, коефіцієнти очищення яких η_1 і η_2, загальний коефіцієнт очищення $\eta_0 = \eta_1 + \eta_2 - \eta_1 \times \eta_2$.

Залежно від ступеня очищення повітря від пилу ***повітроочисні апарати*** поділяються на три групи:

1) *грубого очищення* — забезпечують видалення в основному грубих частинок, тому концентрація пилу на виході з апарата залишається високою; ці апарати в більшості випадків застосовують тільки як першу ступінь очищення в двоступінчастих апаратах;
2) *середнього очищення* — забезпечують видалення більш дрібних частинок; концентрація пилу на виході з апаратів коливається в межах, допустимих тільки для промислових викидів; ці апарати застосовують самостійно для очищення промислових викидів або як перший ступінь очищення в двоступінчастих апаратах при подачі повітря в робочу зону;

3) *тонкого очищення* — забезпечують видалення всіх частинок; застосовуються для очищення повітря, що надходить у робочу зону.

Залежно від ***механізму видалення частинок пилу*** апарати можуть бути:

- *механічними*, у яких пил видаляється завдяки використанню гравітаційних чи інерційних сил частинок;
- *пористо-волокнистими,* у яких видалення пилу відбувається в результаті осадження частинок у порах чи волокнах різних матеріалів;
- *електричними,* у яких частинки видаляються завдяки дії електромагнітних сил.

Найпростішим апаратом, дія якого базується на механічному видаленні частинок, є *пиловловлювальна камера Батуріна*. Принцип її роботи полягає в тому, що завдяки великому поперечному перерізу камери швидкість руху потоку $V_п$ зменшується і частинки пилу під дією гравітаційних сил, не досягнувши вихідного отвору, осідають на дно камери.

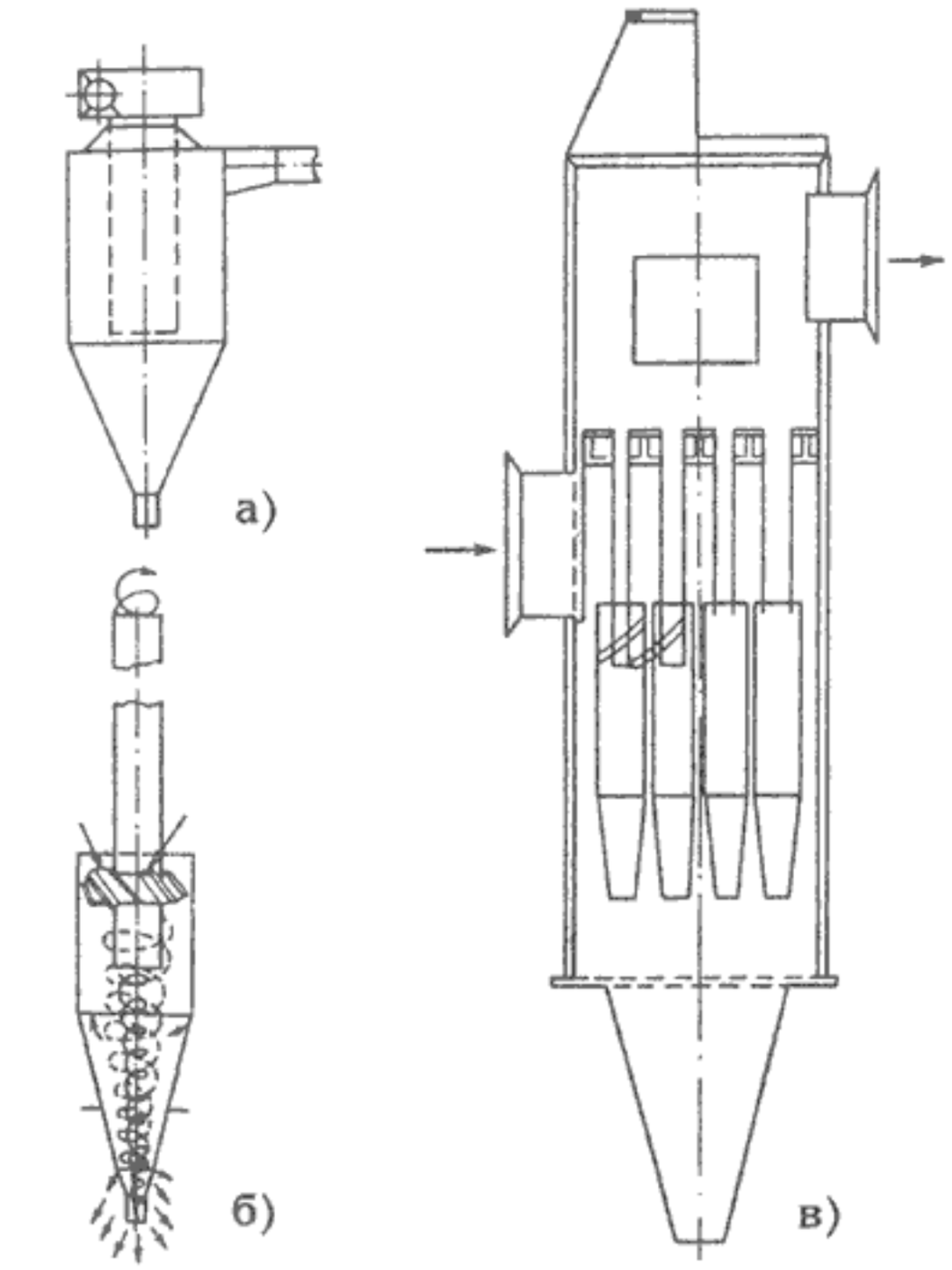


Рисунок 5.14
Циклони: а – з тангенціальним підведенням повітря; б – з осьовим підведенням повітря ; в – мультициклон

Розміри камери визначають у такий спосіб. Час руху частинок у камері в горизонтальному напрямку $t_1 = L_к / V_п$, у вертикальному напрямку $t_2 = H_к / V_ч$, де $L_к$ — довжина камери, м; $H_к$ — висота камери, м; $V_ч$ — швидкість осадження частинок, м/с.

Оскільки для осадження частинок на дно камери необхідно, щоб $t_1 = t_2$, то $H_к / V_ч = L_к / V_п$, звідки $L_к = H_к V_п / V_ч$.

Достоїнство камери Батуріна — простота будови. Недолік — великі розміри й низький коефіцієнт очищення (70–75 %). Камеру Батуріна й інші апарати цього типу застосовують для очищення повітря в технологічних цілях або ж як перший ступінь очищення в складних апаратах.

Більш складними апаратами цієї групи є ***циклони*** (рис. 5.14). Принцип їх роботи такий. Повітря, що містить пил, надходить по трубопроводу у циліндр і, набуваючи обертального руху, опускається вниз. Унаслідок обертання повітря виникають відцентрові

сили, під дією яких частинки починають рухатися в напрямку стінки циліндра, де вони й осідають. З поверхні циліндра під дією сили ваги частинки потрапляють у бункер і потім видаляються. Очищене від пилу повітря надходить до центральної частини циклона і далі по трубі видаляється.

Залежно від механізму, що забезпечує обертання повітря, циклони можуть бути такі: з тангенціальним підведенням повітря (рис. 5.14, а) та осьовим (рис. 5.14, б). В осьових циклонах повітря підводиться по осі циклона, а обертання йому надається під час проходження через спрямовувальний апарат.

Коефіцієнт очищення циклонів залежить від величини відцентрових сил частинок, що визначаються за формулою:

$$F = mV^2 / r,$$

де m — маса частинок;

r — радіус циклона.

Оскільки маса частинок зі збільшенням їхнього діаметра зростає, то більш важкі частинки в циклонах видаляються легше. Практично частинки діаметром 25–30 мкм видаляються з повітря в циклонах повністю. Для частинок, що мають діаметр менше 5 мкм, коефіцієнт очищення не перевищує 50 %.

Зі збільшенням швидкості руху потоку коефіцієнт очищення також зростає. Однак, якщо швидкість руху потоку велика, починає виявлятися ефект здування осілого раніше пилу. Максимальне значення коефіцієнт очищення η матиме при $V_п = 20$ м/с.

Зі зменшенням діаметра циклонів коефіцієнт очищення збільшується. Ефективну роботу демонструють невеликі циклони. Щоб збільшити продуктивність таких циклонів, їх об'єднали в один апарат, що дістав назву мультициклона (див. рис. 5.14, в).

Загальноприйнятої теорії розрахунку характеристик циклонів нині не існує. Це обумовлює велику різноманітність їхніх конструкцій. Основні характеристики циклонів наведено в табл. 5.12.

Достоїнство циклонів — простота будови. Недолік — низький коефіцієнт очищення (90–95 %). Широке застосування циклонів для очищення промислових викидів на підприємствах обумовлене тим, що концентрація пилу на виході повітря із циклона коливається в межах 10–100 мг/м^3.

Існує багато інших типів апаратів, у яких пилові частинки видаляються під дією гравітаційних чи інерційних сил. Це антициклони, ротаклони тощо.

У ***пористо-волокнистих апаратах*** частинки пилу затримуються завдяки дії інерційних, гравітаційних, електромагнітних сил, ефекту зачеплення і тепловому руху частинок у порах або на волокнах різних матеріалів.

Таблиця 5.12

Основні характеристики циклонів

Циклон	Допустима концентрація шкідливих речовин на вході, г/м³	Коефіцієнт очищення, %	Пропускна здатність, м³/год	Гідравлічний опір, кПа
ЦН-24	1,5–2	89–95	4–5	
ПБЦ	75	95	12–125	40
ФРУА	–	80 –85	40–120	60
ФРП	–	95	20–120	100–120
ФРКДІ	50	99	51–101	1,8
ФЕ	–	90–95	10–130	30
ЕФ-2	–	95	2	40

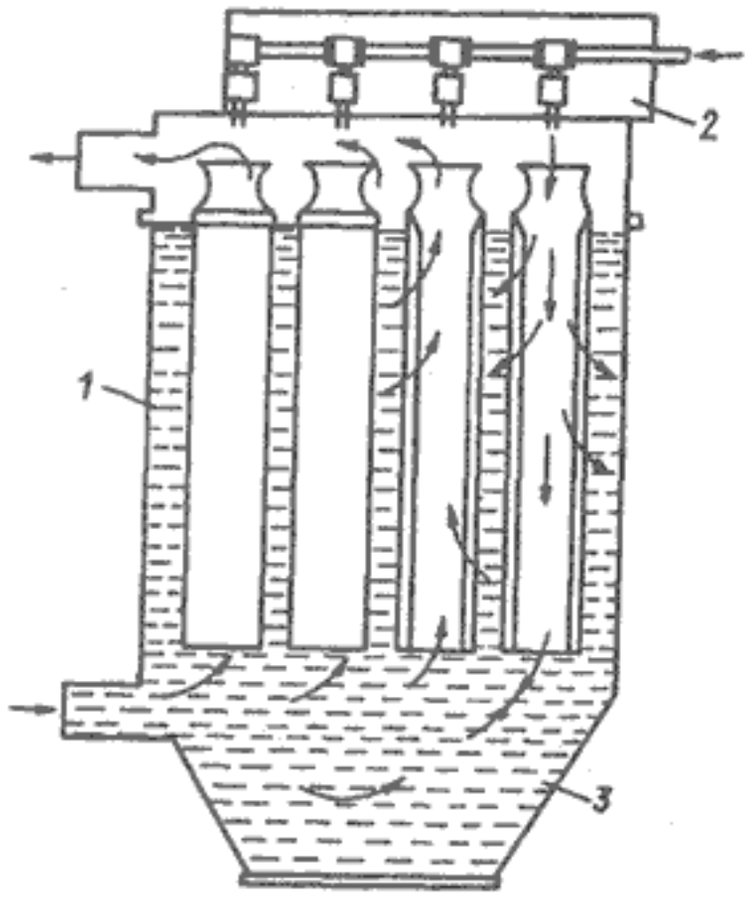


Рисунок 5.15
Тканинний рукавний фільтр: 1 — корпус, в якому міститься камера для рукавів; 2 — струшувальний механізм; 3 — пиловий бункер

Найпростішим апаратом цієї групи є *гравійний фільтр*. Він являє собою шар гравію, через який проходить повітря. Гравій можна замінити чистим грубозернистим піском, металевою стружкою, кільцями, кульками тощо.

Достоїнство цих апаратів — простота будови; недолік — низький коефіцієнт очищення. Апарати застосовуються для очищення повітря, що надходить у машини (компресори, двигуни і т. ін.).

Найбільш досконалими апаратами очищення повітря є ***тканинні апарати***. Принцип їх роботи полягає в тому, що повітря, яке містить пил, пропускають через спеціальну тканину, на волокнах якої затримуються частинки. Після нагромадження пилу тканину очищають. Для цього подачу повітря припиняють, а тканину для видалення частинок струшують. Форму елементам із тканини надають за допомогою металевих каркасів. Вона може бути найрізноманітнішою: у вигляді касет, каркасів, рукавів тощо.

Недолік каркасних і касетних елементів — невелика площа фільтрації, тому їх застосування обмежене.

Рукавні фільтри широко застосовують практично у всіх галузях промисловості. Їх достоїнство — високий коефіцієнт очищення повітря (99,99 %); недолік — великі габарити, обумовлені невеликим повітряним навантаженням на тканину, що становить 150–250 $м^3/(м^2 \cdot год)$.

На рис. 5.15 показано будову тканинного рукавного фільтра МФУ.

Повітря очищують також за допомогою ***електрофільтрів***. Принцип осадження частинок в електрофільтрах такий: пилові частинки набувають електричного заряду, під дією якого потім осаджуються. Це дає змогу видалити з повітря найтонші частинки ($d_ч$ = 0,005 мкм), що важко осаджуються в інших апаратах.

Фільтри в більшості випадків складаються з двох камер. У першій камері частинки набувають електричного заряду (іонізаційна камера). У другій камері під дією набутого заряду й високої напруги протилежного знака частинки осаджуються на електродах (осаджувальна камера).

Достоїнства електрофільтрів — високий коефіцієнт очищення (99,99 %) і невелика запиленість повітря на виході з фільтра.

Так, проводячи випробування фільтрів «Ріон», встановили, що концентрація пилу в повітрі на виході коливається в межах 0,04–0,35 $мг/м^3$. Недолік таких фільтрів — підвищена небезпека при експлуатації, пов'язана з високою напругою (10–12 кВ).

Щоб очистити промислові викиди від газоподібних шкідливих речовин, використовують сорбційні (адсорбційні й абсорбційні) та окисні процеси.

Принцип ***очищення*** промислових викидів ***адсорбцією*** полягає в тому, що забруднене повітря пропускають через твердий адсорбент (поглинач), на якому осаджуються шкідливі речовини. Шляхом регенерації шкідливі речовини відокремлюються від поглинача, їх можна використовувати повторно. Метод економічно ефективний тільки в тому випадку, коли повітря забруднене однією якоюсь речовиною і її концентрації перевищують 2 $г/м^3$. У результаті ***абсорбції*** рідкі поглиначі поглинають з повітря шкідливі речовини. Повітря очищають у *скруберах, абсорберах* тощо.

Якщо концентрація шкідливих речовин низька (2 $г/м^3$) або якщо в повітрі міститься декілька шкідливих речовин, застосовуються ***окисні процеси*** — *пряме чи каталітичне спалювання.* Якщо концентрація горючих речовин може підтримувати горіння, доцільно спалювати їх у спеціальних пристроях. Можна спалювати шкідливі речовини шляхом додавання в повітря інших горючих речовин. Ці методи більш ефективні тоді, коли теплоту, що утворюється під час горіння, можна використати. Вартість очищення 1000 $м^3$ повітря за допомогою цих методів — 1–1,2 грн.

При каталітичному допалюванні промислові викиди пропускають через каталізатор, у якому при низькій температурі (250–450 °С) відбувається окислення шкідливої речовини. У результаті утворюються вода і двоокис вуглецю. Економічна ефективність цього методу досить висока — вартість очищення 1000 $м^3$ повітря становить 0,4–0,5 грн.

§ 5.9. Індивідуальні засоби захисту органів дихання

На окремих робочих місцях не завжди вдається забезпечити повне видалення шкідливих речовин з повітря і створити нормальні умови праці, які б відповідали санітарно-гігієнічним нормам і вимогам. Наприклад, навіть при ручній ґрунтовці білого металу (АМг) ґрунтом ВЛ-03 у приміщення на працюючого маляра необхідно подати 22 000 м^3/год чистого повітря. Це технічно неможливо, якщо об'єм приміщення 20–30 м^3.

За інших умов потрібні великі витрати. Наприклад, при ручному електродуговому зварюванні електродами УОНІ 13/45 застосування місцевої вентиляції є дуже трудомісткою справою. Потрібно здійснити перестановку й кріплення місцевого відсмоктувача, а для створення нормальних умов праці через загальнообмінну вентиляцію необхідно подавати на робоче місце 10 000 м^3/год чистого повітря. І в тому, і в іншому випадках витрати збільшаться не менш як удвічі.

Щоб запобігти ушкодженню органів дихання, застосовують ***засоби індивідуального захисту органів дихання (ЗІЗОД)***. Надійність захисту органів дихання за допомогою ЗІЗОД досягається завдяки їх раціональному вибору й правильній експлуатації в конкретних умовах.

ЗІЗОД являє собою гумову напівмаску або маску, за допомогою якої органи дихання ізолюються від навколишнього середовища, під маску подається чисте повітря. Залежно від способу подачі повітря ЗІЗОД поділяються на фільтрувальні та ізолювальні.

Фільтрувальні ЗІЗОД складаються з гумової напівмаски і спеціального фільтра. Повітря під маску надходить завдяки органам дихання людини, яка використовує ЗІЗОД. Повітря проходить через фільтр, очищається і потрапляє до органів дихання.

Основні характеристики фільтрувальних ЗІЗОД — коефіцієнт захисту, час захисної дії та опір повітря, що проходить через фільтр. *Коефіцієнт захисту* — це кратність зниження концентрації шкідливої речовини, тобто максимальна концентрація, при якій можна користуватися ЗІЗОД. Наприклад, коефіцієнт захисту протипилового респіратора ШБ «Лепесток-200» дорівнює 200. За умови, що ГДК зварювального пилу становить 4 мг/м^3, респіратор «Лепесток-200» можна застосовувати, якщо концентрація пилу не перевищує 800 мг/м^3.

У процесі використання протипилових ЗІЗОД фільтри забруднюються, їхній опір збільшується і дихання утруднюється. Аналогічно в ході використання протигазових респіраторів їхні фільтри також забруднюються, а коефіцієнт захисту різко знижується.

Таблиця 5.13

Основні характеристики ЗІЗОД

Тип ЗІЗОД	Шкідливі речовини, від яких захищає респіратор	Коефіцієнт захисту	Початковий опір, Па	Маса, г
ШБ «Лепесток-200»	Пил	200	32	12
ШБ «Лепесток-40»	"	40	12	12
ШБ «Лепесток-5»	"	5	6	12
«Кама»	"	100	35	20
«Снежок-П»	"	40	15	65
РПГ-67а	Пари органічних речовин	15	60	300
РПГ-67В	Кислі гази	15	60	300
РПГ-67Г	Пари ртуті	15	60	300
РУ-60М-А	Пари органічних речовин	15	80	350
РУ-60М-В	Кислі гази	15	80	350
РУ-60М-Г	Пари ртуті	15	80	350
ПШ-2	Від усіх шкідливих речовин	необмежений	127	47
ЛІЗ-4	"	"	0	750
«Урал-7»	"	"	0	11 800

За призначенням фільтрувальні ЗІЗОД поділяються на *протипилові, протигазові і газопилозахисні. Протипилові ЗІЗОД* (ШБ «Лепесток», «Кама», «Снежок-П», У-2К та ін.) призначені тільки для очищення повітря від пилу (рис. 5.16). *Протигазові ЗІЗОД* (РПГ-67А, РПГ-67В та ін.) використовуються для захисту органів дихання тільки від паро- і газоподібних шкідливих речовин.

Газопилозахисні ЗІЗОД служать для захисту органів дихання від різних шкідливих речовин, що є у повітрі у вигляді пилу, парів чи газів. Як правило, вони мають фільтрувальні патрони для захисту органів дихання від певної групи шкідливих речовин. Основні характеристики ЗІЗОД наведено в табл. 5.13.

Ізолювальні ЗІЗОД являють собою гумову маску, під яку подається чисте повітря, тобто в цьому випадку користувач ЗІЗОД повністю ізольований від навколишнього середовища, що дає змогу працювати в середовищі, де концентрація кисню менше 18 %, і без обмеження концентрації шкідливих речовин.

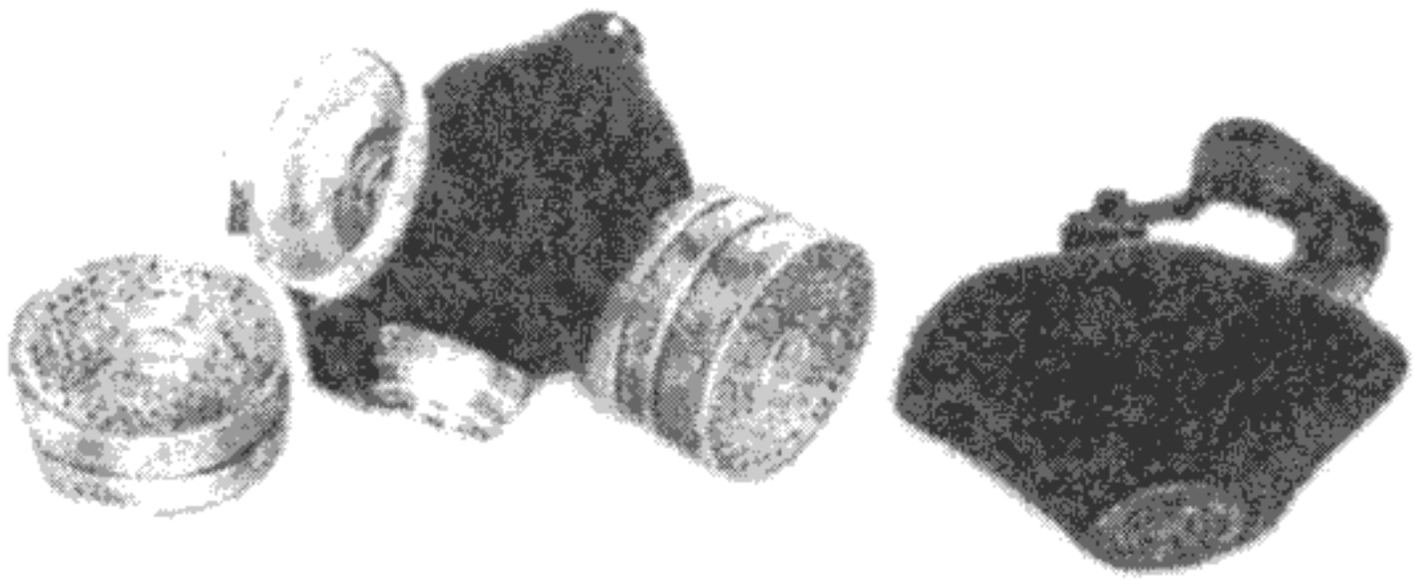


Рисунок 5.16
ЗІЗОД фільтрувального типу

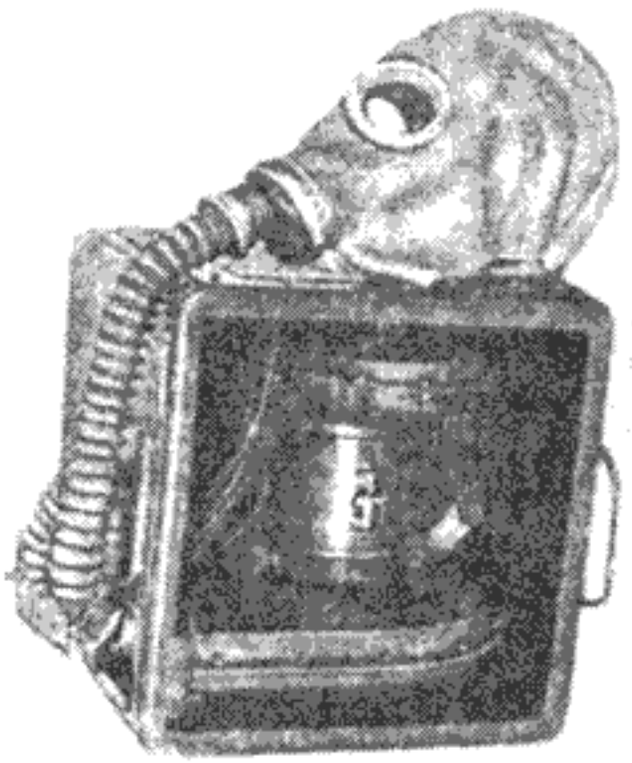


Рисунок 5.17
Шланговий протигаз ПШ-2

На підприємствах застосовують *шланговий протигаз* без примусової подачі ПШ-1, що являє собою гумовий шолом-маску. Повітря для дихання надходить шляхом самовсмоктування через армований гумовий шланг діаметром 32 мм.

Протигаз ПШ-1 рекомендується використовувати під час короткочасних робіт легкої і середньої тяжкості, коли робочі місця розташовуються на відстані не більш як 10 м від можливого місця забору чистого повітря.

Якщо робота досить тривала, а робочі місця розташовані на відстані більш як 10 м від можливого місця забору чистого повітря, рекомендується використовувати шланговий протигаз з повітродувкою ПШ-2 (рис. 5.17). Він відрізняється від ПШ-1 тим, що чисте повітря по шлангу подається за допомогою високонапірної повітродувки. У пневмошоломі ЛІЗ-4 чисте повітря подає компресор.

Якщо магістралі для подачі чистого повітря немає, а роботи проводяться на значній відстані від можливого місця забору чистого повітря, можна використовувати *респіратори* «Урал-7Ц», АСВ-2, Р-30. Вони складаються з гумових масок, пристроїв для регенерації повітря і балонів з киснем. Час можливої роботи в цих апаратах — 4–5 год.

Контрольні запитання

1. *Чи існує зв'язок між умовами праці й загальними захворюваннями працівника?*
2. *Яке значення мають втрати через непрацездатність для підприємства?*

3. *Від чого залежить теплотворення в організмі людини?*
4. *Чому працездатність працівника залежить від кількості вдихуваного повітря?*
5. *Чим відрізняється термометр від психрометра?*
6. *Як виміряти швидкість руху повітря?*
7. *Який зв'язок існує між дисперсним складом пилу і профзахворюваннями?*
8. *Що являє собою спільна дія шкідливих речовин?*
9. *Чому використання показника інтенсивності виділення пилу при технологічних процесах утруднює розрахунки систем вентиляції?*
10. *Чому рукавні фільтри набули такого поширення?*
11. *Які фактори обмежують застосування фільтрувальних та ізолювальних засобів індивідуального захисту органів дихання?*
12. *Чому норми шкідливих виробничих факторів вимірюються в часовому розрізі?*
13. *Назвіть переваги й недоліки приладів для вимірювання швидкості руху повітря.*
14. *За допомогою яких методів вимірюють концентрації шкідливих речовин?*
15. *Як визначити інтенсивність виділення шкідливих речовин?*

видавничий дім ПРОФЕСІОНАЛ

Розділ 6
ВЕНТИЛЯЦІЯ ПРИМІЩЕНЬ І БУДІВЕЛЬ

§ 6.1. Вентиляційні мережі і вільні струмені, їх роль у провітрюванні будівель

Сучасні промислові підприємства — це багатопрогонові, які нерідко нараховують 10–11 прогонів, будівлі. Площа лише одного прогону сягає 30 х 100 = 3000 м^2. На цій площі розташовано сотні видів устаткування і сотні робочих місць. На кожному робочому місці під час роботи устаткування виділяються шкідливі речовини. Інтенсивність їх виділення і допустимі концентрації коливаються у значних межах.

Знизити вміст шкідливих речовин у повітрі до допустимих меж тільки за допомогою вентиляції в більшості випадків неможливо. Тому необхідний комплекс технологічних заходів, які б забезпечували зниження інтенсивності виділення шкідливих речовин до мінімальних значень. Так, видалення теплоти, що надходить від могутніх двигунів, тільки за допомогою вентиляції потребувало б великих витрат повітря, яке не завжди можна подати за допомогою існуючих технічних засобів. Завдяки застосуванню води для охолодження двигунів можна знизити надходження теплоти в навколишнє середовище в кілька разів. Завдання вентиляції — подача до двигуна такої кількості повітря, що дозволило б знизити температуру повітря в робочій зоні до допустимих санітарними нормами значень.

Більшість джерел виділення шкідливих речовин можна розглядатися як точкові. Вони розташовані у виробничих будівлях нерівномірно. Крім того, інтенсивність виділення шкідливих речовин у часі змінюється в значних межах. Це вимагає подачі в робочі зони об'ємів повітря, пропорційних інтенсивності виділення шкідливих речовин. Подача заниженого об'єму повітря не забезпечує їх розрідження до допустимої концентрації, а завищеного — призводить до застудних за-

хворювань, технічних утруднень у подачі повітря, а також до великих невиправданих економічних витрат.

На робочі місця повітря подається за допомогою повітророзподільників різної конструкції. Повітря до них підводиться від вентиляторів по трубопроводах. Вентилятор, трубопроводи і повітророзподільники називають ***вентиляційною мережею***.

Розрізняють *припливні і витяжні вентиляційні мережі.* Вони відрізняються тим, що в припливних вентиляційних мережах вентилятор захоплює чисте повітря поза приміщенням і по трубопроводах подає до повітроподавальних пристроїв для розподілу його в приміщенні по заданих робочих зонах. У витяжних вентиляційних мережах, навпаки, повітрозабірні пристрої забирають забруднене повітря з робочих зон і по трубопроводах вентилятором викидають за межі приміщення (будівлі). У будівлі може бути кілька десятків вентиляційних мереж різного призначення. Їхня експлуатація пов'язана із цілою низкою незручностей: складність прокладання великої кількості повітроводів, шум, вібрація тощо. Їх можна уникнути значною мірою шляхом централізації вентиляції. Однак перший досвід експлуатації такої системи для місцевого відсмоктування повітря із зони зварювальної дуги при зварюванні навіть на спеціалізованих зварювальних дільницях з використанням високовакуумних повітродувок на ряді південних суднобудівних заводів не виправдав себе через відсутність зручних у роботі місцевих відсмоктувачів. Однак без вирішення проблеми централізації вентиляції і забору забрудненого повітря безпосередньо від точки зварювання створити нормальні умови праці в складально-зварювальних цехах навряд чи можливо. Для подавання чистого повітря в робочі зони застосовуються припливні вентиляційні мережі — і тут також відсутність централізованої системи вентиляції призводить до необґрунтованого прокладання сотень метрів трубопроводів. Великі витрати на вентиляцію змушують використовувати як основну загальнообмінну природну вентиляцію.

Щоб знизити шум у будівлі, вентилятори нерідко встановлюють поза будинком. Однак прокладання повітроводів та установка повітророзподільників у більшості випадків є надзвичайно складною справою. Справді, нижня частина будівлі до висоти 7–10 м зайнята устаткуванням. Верхня — крановим господарством. Як правило, трубопроводи прокладають по лініях опор. Складності з прокладанням повітроводів є однією з причин того, що повітроподавальні і повітрозабірні пристрої нерідко встановлюють на відстані 4–5 м від місця утворення шкідливих речовин. У просторі між повітроподавальними і повітрозабірними пристроями і робочою зоною рухливість повітря зумовлюється вільними струменями. Останні утворюються також і в місцях виділення тепла устаткуванням. Вільний струмінь — це рух будь-яких потоків без твердих границь, тобто рух потоків у такому ж середовищі, як і самі потоки: повітря в повітрі, води у воді і т. ін.

Отже, вентиляція будівлі являє собою рух сотень вільних струменів, утворених за рахунок тепла, що виділяється устаткуванням, припливних і витяжних повітророзподільників і т. ін. Саме вільні вентиляційні струмені створюють рухливість повітря в будівлі, тобто те, що і є власне вентиляцією. Керувати вентиляцією — це значить керувати рухом усіх вільних струменів, враховуючи їх взаємний вплив. Для цього необхідно знати закономірності їхнього руху.

§ 6.2. Закономірності руху вільних струменів

Науковою базою вентиляції приміщень і будівель є теорія вільних струменів. Залежно від закономірностей розподілу швидкостей у поперечних перерізах потоків розрізняють припливні і витяжні струмені.

Припливний вільний струмінь утворюється при виході повітря з повітроводу. Механізм розподілу швидкостей у поперечних перерізах у цьому випадку можна уявити в такий спосіб (рис. 6.1). Припустимо, що швидкості руху потоку на виході з повітроводу в поперечному перерізі рівні (ділянка I-II). Це значить, що при розподілі потоку на окремі рівні шари 1, 2, 3, 4 і т. д. кількість енергії руху між шарами також буде розподілятися рівномірно. На ділянці між перерізами I-II шар потоку *1*, що знаходиться у повітроводі, буде рухатися зі швидкістю $V_п$. Цей шар має енергію руху, отриману від вентилятора. Шар *1'*, що знаходиться поза повітроводом, буде нерухомим. Він не має енергії руху, тому що між шарами *1* і *1'* є тверда межа (стінка повітроводу).

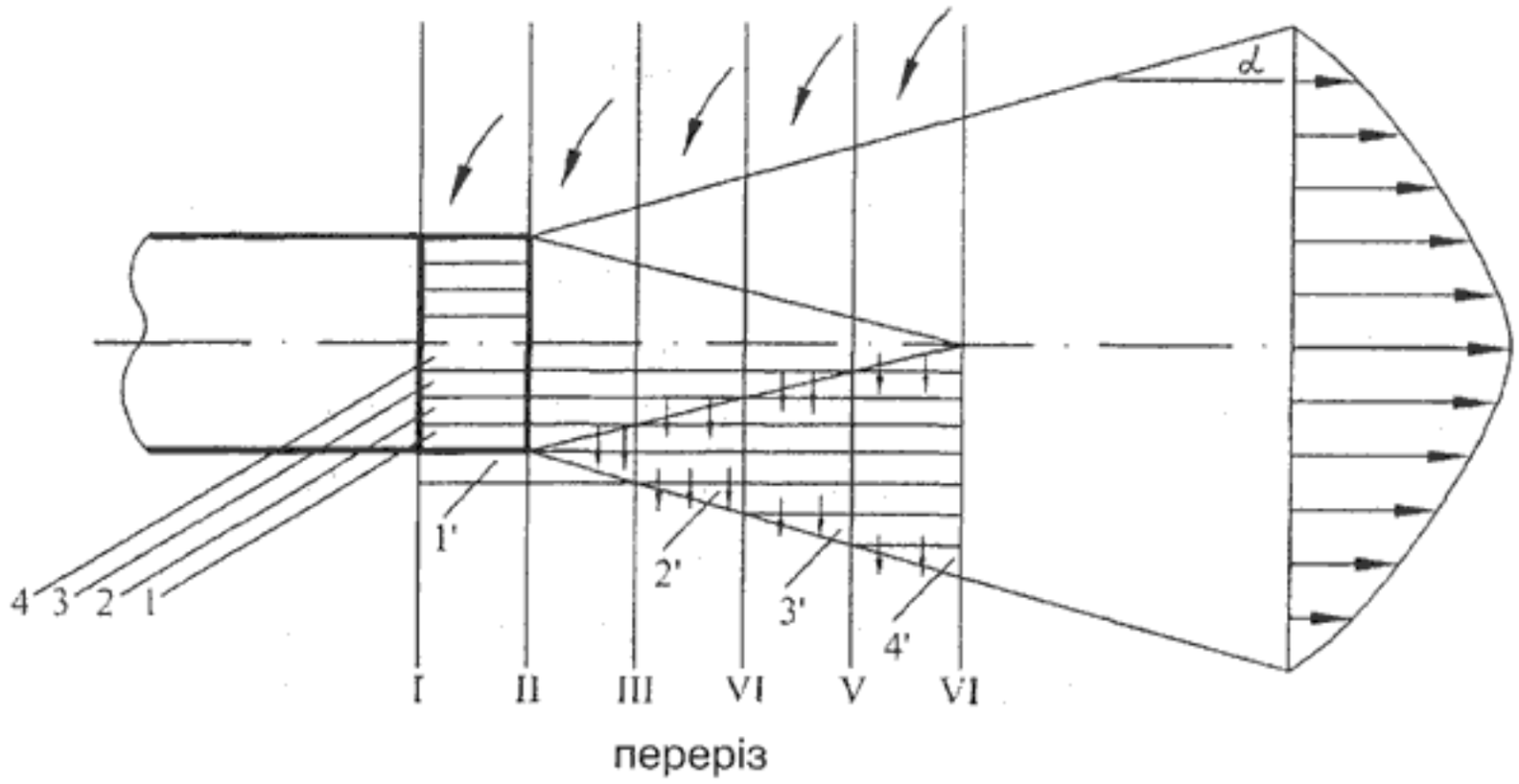


Рисунок 6.1
Схема до визначення розподілу швидкості руху повітря в припливних вільних струменях

Розглянемо рух потоку на ділянці II-III. Тут твердої межі (стінки) немає. Унаслідок в'язкості середовища шар потоку *1* частину енергії руху передає шару *1'*. Природно, що зменшення енергії руху приведе до зменшення швидкості його руху. Шар *1'* дістав енергію, тому починається його рух. Зменшення швидкості руху шару *1* позначимо прямою лінією, що йде нагору, а збільшення швидкості руху шару *1'* — лінією, що йде вниз. Інша частина потоку, що вийшла з повітроводу, на цій ділянці продовжує рухатися з такою ж швидкістю, як і у повітроводі. Середовище, що оточує шар *1'*, залишиться нерухомим.

Розглянемо ділянку між перерізами III-IV. На цій ділянці обмін енергією між шарами *1* і *1'* буде продовжуватися доти, поки швидкості їхнього руху не стануть однаковими. Але на цій ділянці порушується співвідношення енергій руху між шарами *1* і *2*. Шар *1* віддав частину енергії руху шару *1'* на ділянці II-III. Кількість енергії руху в ньому зменшилася. Шар *2* поки що рухається з такою ж швидкістю, як і у повітроводі. У нього збереглася енергія руху, і вона більша, ніж у шарі *1*. Отже, на ділянці III-IV шар *2* частину енергії руху віддає шару *1* і швидкість руху шару *2* зменшується. Пряма лінія, що відбиває зменшення швидкості руху в шарі *2*, іде вгору. Аналогічно шар *1'* частину набутої енергії віддає шару *2'*, що буде рухатися (пряма йде вниз). Інша частина потоку (шари *3* і *4*) продовжує рухатися з такою ж швидкістю, як і у повітроводі. Середовище поза шаром *2'* залишається нерухомим.

Аналогічно набувають енергії руху шари *3'* і *4'*. Відбувається нібито підсмоктування повітря з навколишнього середовища, і потік розширюється. Внутрішні шари потоку *3*, *4* продовжують передавати енергію і швидкість їхнього руху зменшується. Такий же механізм формування структури потоку на ділянках IV-V, V-VI і т. д. Як і на перерізі *VI,* починає зменшуватися швидкість руху потоку і на осі повітроводу.

Характерною рисою вільного струменя є підмішування нерухомого повітря (шари повітря *1'*, *2'*, *3'*, *4'* на рис. 6.1.) до того, яке вийшло з повітророзподільника, тому кількість повітря, що рухається, збільшується, а швидкість його руху зменшується. Оскільки температура припливного повітря завжди відрізняється від температури навколишнього середовища, то і температура рухомого повітря теж змінюється. Це особливо важливо при облаштуванні природної вентиляції.

У припливному вільному струмені залежно від закономірностей, що визначають розподіл швидкостей його руху в поперечних перерізах, можна виділити дві ділянки: початкову, на якій величина швидкості руху потоку на осі повітроводу зберігається постійною (перерізи *II-VI)*, та основну (інша частина потоку).

Довжину початкової ділянки можна визначити за формулою:

$$L_н = \frac{1{,}145D}{tg\alpha} = 5D\,, \qquad (6.1)$$

де D — діаметр повітровипускного пристрою, м;
α — половина кута розширення струменя.

Для круглого випускного перерізу повітророзподілення з підтисненням $\alpha = 12°40'$, для циліндричного $\alpha = 14°30'$. У наших розрахунках $\alpha = 12°40'$, що відповідає $\operatorname{tg} \alpha = 0{,}225$.

Практичне значення має тільки основна ділянка. При виході повітря з круглих повітровипускних пристроїв, тобто у вісесиметричних потоках, швидкість на осі на відстані x від повітровипускного пристрою

$$V_x = 0{,}8\ V_в\ m\ (D / x), \tag{6.2}$$

а середня швидкість руху повітря в поперечному перерізі дорівнює

$$V_{CP} = \frac{0{,}645V_B}{1+\frac{2x}{D}tg\alpha} = \frac{0{,}645V_B}{1+0{,}45\frac{x}{D}}, \tag{6.3}$$

де m — коефіцієнт, що залежить від форми вихідного перерізу повітровипускного пристрою. Для круглих перерізів $m = 6{,}8$;
$V_в$ — швидкість руху повітря на виході з повітровипускного пристрою.

Діаметр поперечного перерізу вільного струменя на відстані x від повітророзподільника

$$D_x = D + 2x \cdot tg\ \alpha = D + 0{,}45\ x, \tag{6.4}$$

а площа поперечного перерізу рухомого повітря у цьому перерізі дорівнює

$$F_x = \frac{\pi D_x^2}{4} = \frac{\pi(D+0{,}45x)^2}{4}. \tag{6.5}$$

Кількість рухомого повітря в перерізі, розташованому на цій відстані,

$$Q_x = F_x\ V_{cp}.$$

Припливні вільні струмені широко застосовують для вентиляції промислових будівель і приміщень. Так, рухливість повітря в робочій зоні в загальнообмінній

вентиляції визначається припливними вільними струменями, що утворюються при виході повітря з повітророзподільників при механічній вентиляції і з вентиляційних прорізів при природній вентиляції, організації повітряних душів, обмеженні проходження холодного повітря через ворота цеху під час проїзду транспорту тощо.

Приклад. Визначити основні параметри вільного струменя, що виходить із круглого повітророзподільника діаметром D = 0,3 м із середньою швидкістю 10 м/с у перерізі, розташованому на відстані 3 м від виходу.

Довжина початкової ділянки за формулою (6.1) дорівнює

$$L_н = 5D = 5 \cdot 0{,}3 = 1{,}5 \text{ м}.$$

Визначимо діаметр перерізу струменя на відстані 3 м за формулою (6.4):

$$D_x = 0{,}3 + 0{,}45 \cdot 0{,}3 = 1{,}65 \text{ м}.$$

Площа поперечного перерізу за формулою (6.5) становитиме

$$Fx = \frac{3{,}14(0{,}3 + 0{,}45 \cdot 3)^2}{4} = 2{,}1 \text{ м}^2.$$

Швидкість руху повітря на осі струменя в перерізі, розташованому на відстані 3 м від повітророзподільника, за формулою (6.2) дорівнює

$$Vx = 0{,}8 \cdot 10 \cdot 6{,}8 \cdot \frac{0{,}3}{3} = 5{,}4 \text{ м/с}.$$

Середня швидкість руху повітря в поперечному перерізі за формулою (6.3):

$$V_{ср} = \frac{0{,}645 \cdot 10}{1 + 0{,}45\frac{3}{0{,}3}} = 1{,}17 \text{ м/с}.$$

Кількість повітря, що пройшло через вихідний переріз повітророзподільника, становитиме

$$Q_x = 2{,}1 \text{ x } 1{,}17 = 2{,}47 \text{ м}^3/\text{с}.$$

Отже, приплив повітря з будівлі у вільний струмінь

$$\Delta Q = Q_x - Q_b = 2{,}57 - 0{,}7 \approx 1{,}9 \text{ м}^3,$$

тобто кількість рухомого повітря збільшилася в три рази.

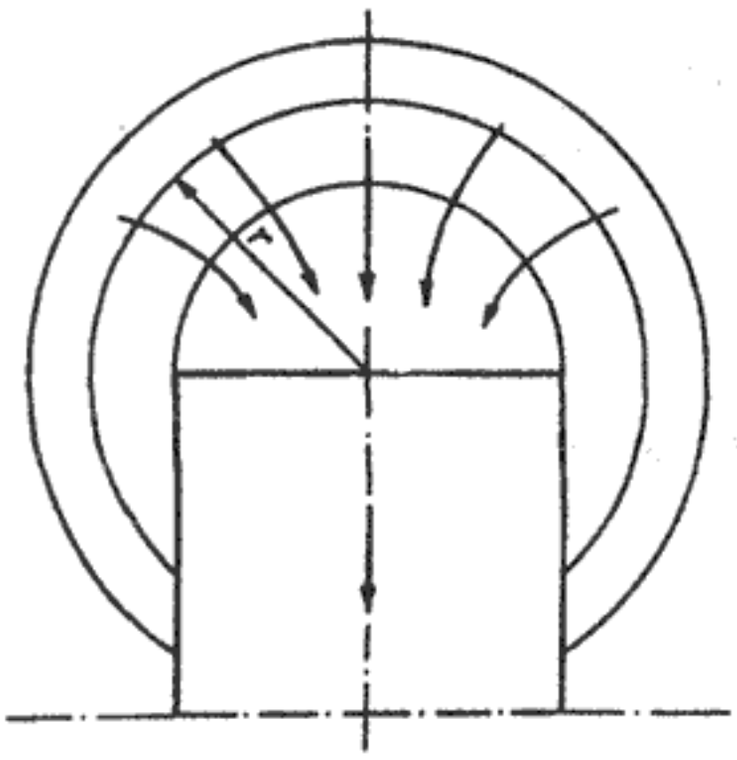


Рисунок 6.2
Розподіл швидкостей руху повітря в зоні всмоктування в циліндричну трубу

Витяжний вільний струмінь виникає в зоні входу потоку у повітровід (рис. 6.2). Дослідження показують, що швидкості руху повітря на поверхні сфер, центр яких розташований на осі вхідного перерізу в повітровід, однакові. Тоді швидкість руху повітря в будь-якій точці

$$V_т = Q_с / S_с, \qquad (6.6)$$

де $S_с$ — площа сфери (кулі) радіусом r;
$Q_с$ — кількість повітря, що проходить через поверхню цієї сфери.

Оскільки кількість повітря, що проходить через поверхню будь-якої сфери, дорівнює кількості повітря, що проходить через повітровід, то $Q_с = Q_в = S_в V_{ср}$, $S_в = \pi D^2 / 4$ і $S_с = 4\pi r^2$, де r — радіус сфери або відстань заданої точки від осі повітроводу, м.

Підставивши отримані значення $S_в$ і $S_с$ у формулу (6.6), після нескладних перетворень дістанемо

$$V_т = \frac{1}{16} \cdot V_{ср} \left(\frac{D}{r} \right)^2 , \qquad (6.7)$$

або в загальному вигляді

$$V_т = m' \cdot V_{ср} \cdot \left(\frac{D}{r} \right)^2 . \qquad (6.8)$$

Приклад. Визначити швидкість руху вільного струменя в точці на відстані $x = D = 0{,}3$ м при швидкості руху повітря в повітрозабірному пристрої 10 м/с.

За формулою (6.8) ця швидкість дорівнює

$$V_{\text{Т}} = 0{,}06 \cdot 10\left(\frac{0{,}3}{0{,}3}\right)^2 = 0{,}6 \text{ м/с}.$$

§ 6.3. Режими руху потоків

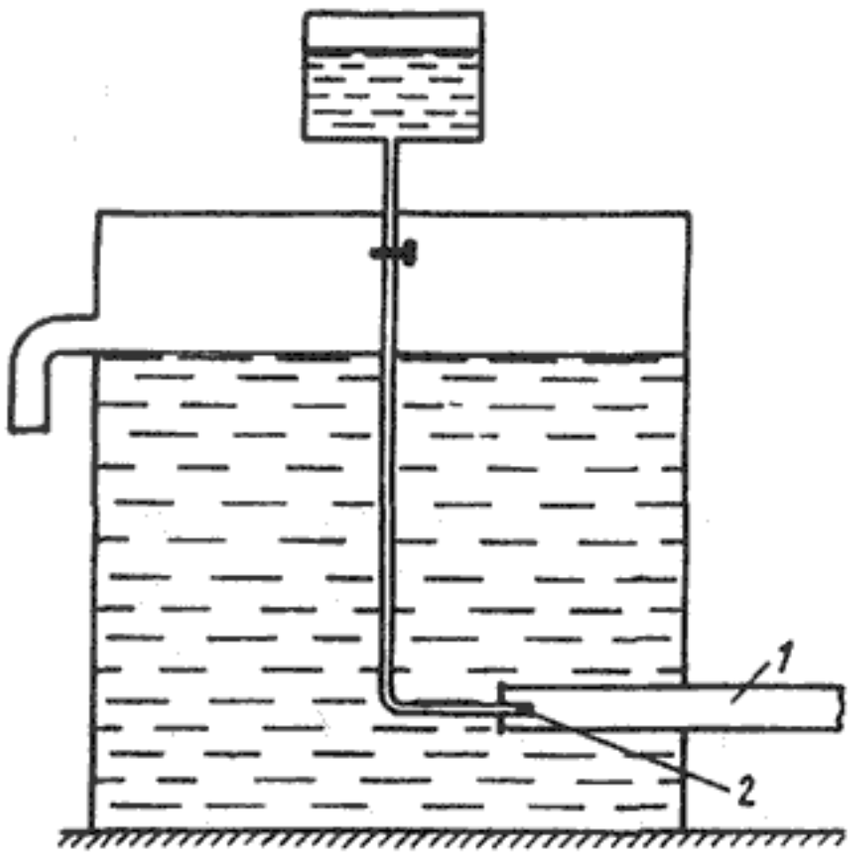


Рисунок 6.3
Установка Рейнольдса для візуального спостереження за рухом потоків: 1, 2 – скляні трубки

Існування різних режимів руху потоків в'язких речовин довів англійський фізик Рейнольдс ще в 1883 р. за допомогою такого досліду. Якщо по скляній трубці *1* (рис. 6.3) пропускати воду з постійною швидкістю руху, а через трубку *2* — підфарбовану рідину з такою ж швидкістю, як і в точці випуску рідини в трубці *1*, то можна виявити, що при невеликій швидкості руху підфарбований струмінь рухається прямолінійно, не змішуючись із водою. При цьому характер руху потоку не залежить від точки випуску підфарбованого струменя в поперечному перерізі трубки *1*. Такий рух шарів потоку називається *ламінарним.* Шари потоку рухаються паралельно один одному і між собою не змішуються.

Якщо швидкість руху води збільшуватиметься, рух підфарбованого струменя спочатку буде хвилеподібним, а потім почне розмиватися, поступово перемішуючись з іншою частиною потоку. Такий рух називається *турбулентним.* Більш пізні дослідження показали, що перемішування рухомого середовища в поперечному перерізі пов'язане з рухом вихрових мас, що візуально добре прослідковується при виході диму з димоходів у безвітряну погоду.

Механізм руху потоку газу можна уявити в такий спосіб. При виникненні такого руху з'являються сили внутрішнього тертя й інерційні сили. Сили внутрішнього тертя, обумовлені в'язкістю рухомого середовища, сприяють упорядкуванню руху й утворенню вихрових мас із високою частотою. Ці вихрові маси поглинають енергію, що підводиться до потоку, перетворюючи її на теплоту. Інерційні сили навпаки сприяють збурюванню потоку й утворенню вихрових мас із низь-

кою частотою. Вони переносять уздовж повітроводів енергію, що підводиться до потоку та є необхідною для його руху.

Характер кількісних змін таких сил відрізнятиметься. Тому в тих самих граничних умовах структура потоку залежно від швидкості його руху буде також різною. Щоб охарактеризувати режим руху потоків газів, Рейнольдс запропонував використати відношення цих сил. Оскільки інерційні сили визначають кінетичну енергію, пропорційну $L_1^3 \rho_в V_п^2$, а сили в'язкості — енергію тертя, пропорційну $L_1^2 \mu V_п$, то

$$Re = \frac{L_1^3 \rho_B V_П^2}{L_1^2 \mu V_П} = \frac{L_1 \rho_B V_П}{\mu} = \frac{L_1 V_П}{\lambda_K}, \qquad (6.9)$$

де L_l — лінійний розмір потоку;
μ — коефіцієнт динамічної в'язкості;
λ — коефіцієнт кінематичної в'язкості.

Відношення сил, наведених у формулі (6.9), називається числом *Рейнольдса (Re)*. Якщо значення числа *Re* невелике, інерційні сили будуть незначними і структура потоку визначатиметься силами внутрішнього тертя. Збурення, що утворюються при вході потоку у повітровід, будуть поступово затухати. Цей режим руху характеризується закономірностями ламінарного руху й визначається в'язкістю середовища, що рухається. Він утворюється за умови $Re < 2300$.

Зростання швидкості руху потоку зумовлює більш різке збільшення інерційних сил, тому вже при $Re > 2300$ вони будуть істотно впливати на структуру потоку. У цьому випадку збурення, що проникають у потік ззовні, будуть сприяти утворенню нових вихрових мас.

Подальше збільшення числа *Re* приводить до поступового зменшення впливу сил внутрішнього тертя на структуру потоку і при $Re > 105$ структура потоку буде цілком визначатися інерційними силами.

Залежно від величини числа *Re* у вентиляційних потоках виділяють три зони руху повітря. У першій зоні структура потоку залежатиме лише від сил тертя (ламінарний режим руху, $Re < 2300$), у другій — силами тертя й інерційними силами (неусталений режим турбулентного руху, $Re = 2300 - 100\,000$), у третій — інерційними силами (усталений турбулентний режим, $Re > 100\,000$).

Усі параметри, що характеризують рух потоків, у цих зонах змінюються відповідно до власних закономірностей. Оскільки деякі із цих параметрів у першій і третій зонах не залежать від числа *Re*, то їх називають першою і другою зонами автомодельності.

Виділення трьох зон руху потоків є умовним. Справді, перехід з одного режиму руху в інший відбувається поступово. Винятком можна вважати перехід одного режиму в інший через критичне значення числа *Re*, яке фіксується порівняно точно. Однак можна відзначити, що за умови дотримання певних умов при вході потоку у повітроводи, ламінарний рух можливий навіть при *Re* = 50 000. У той же час турбулентний рух можливий і при *Re* < 1000.

§ 6.4. Визначення кількості повітря, що проходить через повітровід

Кількість повітря, що проходить через поперечний переріз повітроводу,

$$Q_в = V_{сер} \cdot S_{пв}, \qquad (6.10)$$

де $V_{сер}$ — середня швидкість руху потоку, м/с;

$S_{пв}$ — площа поперечного перерізу повітроводу, м^2.

Механізм розподілу швидкостей руху повітря в поперечних перерізах повітроводів можна уявити в такий спосіб. Припустимо, що пластинка *A* (рис. 6.4) за рахунок енергії, яку вона одержує від якогось джерела, рухається зі швидкістю $V_п$, а пластинка *B* нерухома. Завдяки шорсткості пластинка *A* частину енергії руху передає сусідньому з нею шару *1*, який, одержавши енергію, набуває швидкості руху V_1 — трохи меншої, ніж швидкість руху $V_п$ пластинки А.

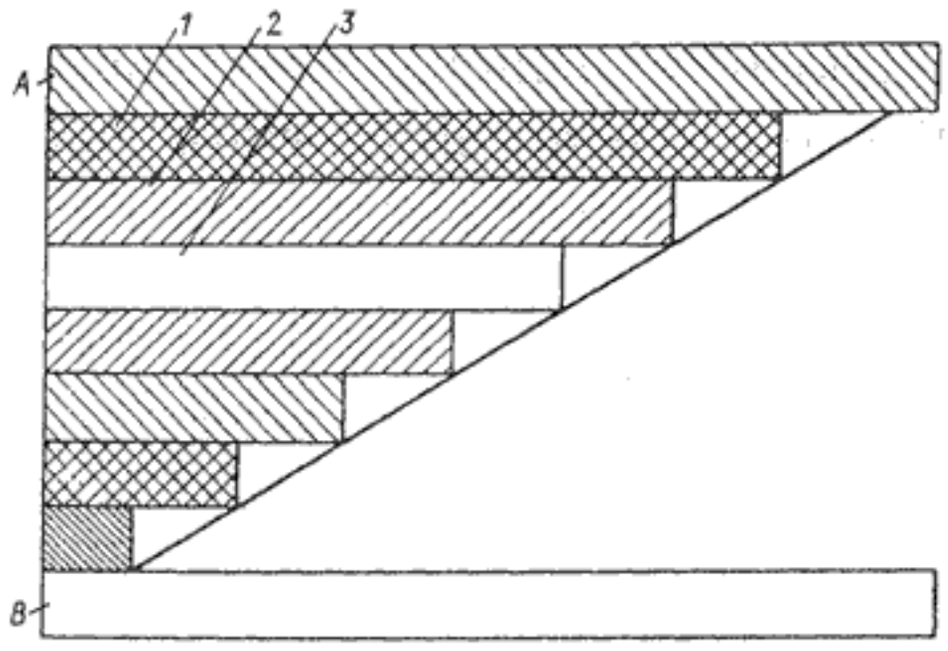


Рисунок 6.4
Схема до визначення розподілу швидкості руху повітря в поперечних перерізах повітроводів: А – рухома пластина; В – нерухома; 1, 2, 3 – шари потоку повітря

Діставши енергію руху від пластинки *A*, шар *1* частину енергії також передає сусідньому шару *2*, що буде рухатися зі швидкістю V_2, при цьому $V_1 > V_2$. Аналогічно енергія руху буде передаватися за рахунок сил в'язкості і до інших шарів потоку. Тому всі шари потоку будуть рухатися. Швидкість їхнього руху буде зменшуватися від пластинки *A* до пластинки *B*. Шар потоку, що прилягає до пластинки *B*, буде нерухомим.

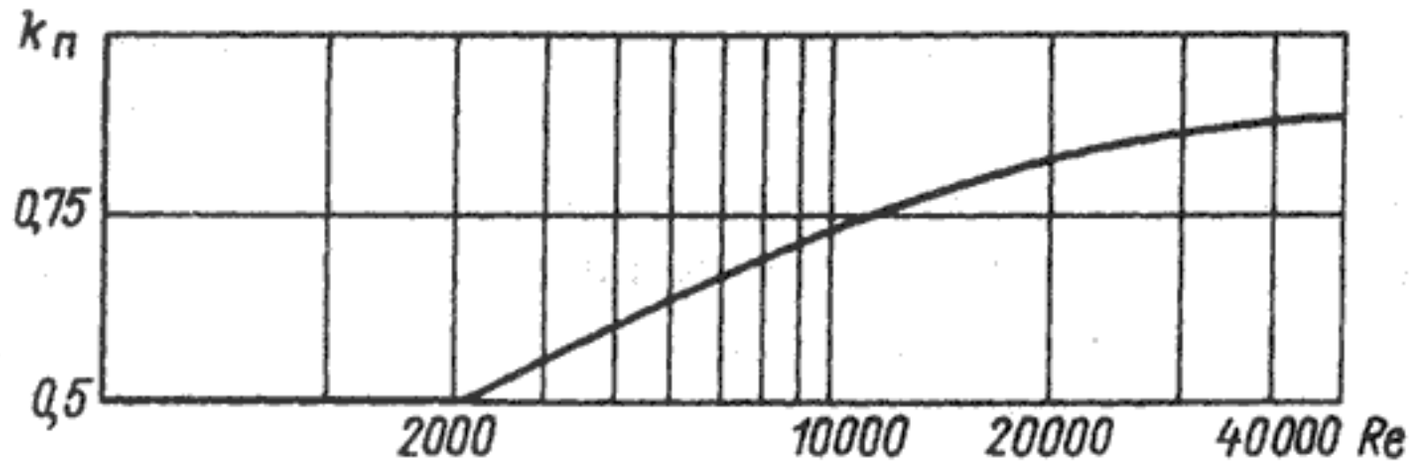


Рисунок 6.5

Залежність коефіцієнта поля швидкостей від величини числа Re

Одержавши енергію від джерела напору (вентилятора), повітря в повітроводі починає рухатися. При цьому стінки повітроводу будуть відігравати роль нерухомих пластинок. Отже, максимальна швидкість руху повітря буде на осі повітроводу, а з віддаленням від неї швидкість руху повітря буде зменшуватися у граничному наближенні до нуля.

Рівномірність розподілу швидкості руху в поперечних перерізах повітроводів характеризується коефіцієнтом поля швидкості, що дорівнює

$$k_п = V_{сер} / V_{max}, \qquad (6.11)$$

де V_{max} — максимальна швидкість руху потоку, м/с.

Щоб визначити середню швидкість руху потоку поперечний переріз повітроводів ділять на ділянки з однаковою площею. У центрі ділянок визначають швидкість руху потоку $V_т$. Тоді

$$V_{сер} = \sum \frac{V_т}{n}, \qquad (6.12)$$

де $\Sigma V_т$ — сума швидкостей руху потоку на всіх ділянках;

n — кількість ділянок.

При визначенні $V_{сер}$ кількість ділянок залежить від необхідної точності результатів досліджень і може сягати 200–400. Тому визначення середньої швидкості руху потоку за формулою (6.12) є трудомістким.

Коефіцієнт поля швидкостей залежить від величини числа *Re* (рис. 6.5). Визначаючи середню швидкість руху потоку у повітроводі, у виробничих умовах спочатку вимірюють максимальну швидкість на осі повітроводу, знаходять число *Re*, визначають $k_п$, а потім за формулою (6.12) — середню швидкість руху потоку.

§ 6.5. Види втрат напору під час руху потоків

У § 6.3 показано, що рух повітряних потоків може бути турбулентним і ламінарним. В умовах промислової вентиляції рух повітряних потоків завжди турбулентний, тобто являє собою рух різномасштабних вихрових мас. Дрібномасштабні вихрові маси перетворюють енергію руху в теплову. Для руху потоків ця енергія є втраченою. Вона і визначає втрати напору на рух потоків.

Залежно від механізму утворення вихрових мас і закономірностей їхнього руху розрізняють втрати на тертя і місцеві втрати напору. ***Втрати напору на тертя*** — це втрати, що виникають під час руху потоків на прямолінійних ділянках повітроводів, тобто при усталеному характері структури потоку. Ці втрати визначаються за формулою:

$$H_{тр} = \frac{c_в \lambda_1 L_в}{2D} \cdot V_{ср}^2, \qquad (6.13)$$

де λ_1 — коефіцієнт опору тертя;

$L_в$, D — довжина і діаметр повітроводу, м.

Місцевими втратами називаються втрати, що виникають унаслідок інтенсивного вихороутворення при зміні напряму руху потоку, зменшенні або збільшенні поперечного перерізу повітроводів, повороті потоків чи їх поділі й злитті тощо. Об'єкти, що зумовлюють ці втрати, називаються місцевими аеродинамічними опорами. Природа місцевих втрат напору така ж, як і втрат напору на тертя: перетворення енергії руху на теплову енергію дрібномасштабними вихровими масами.

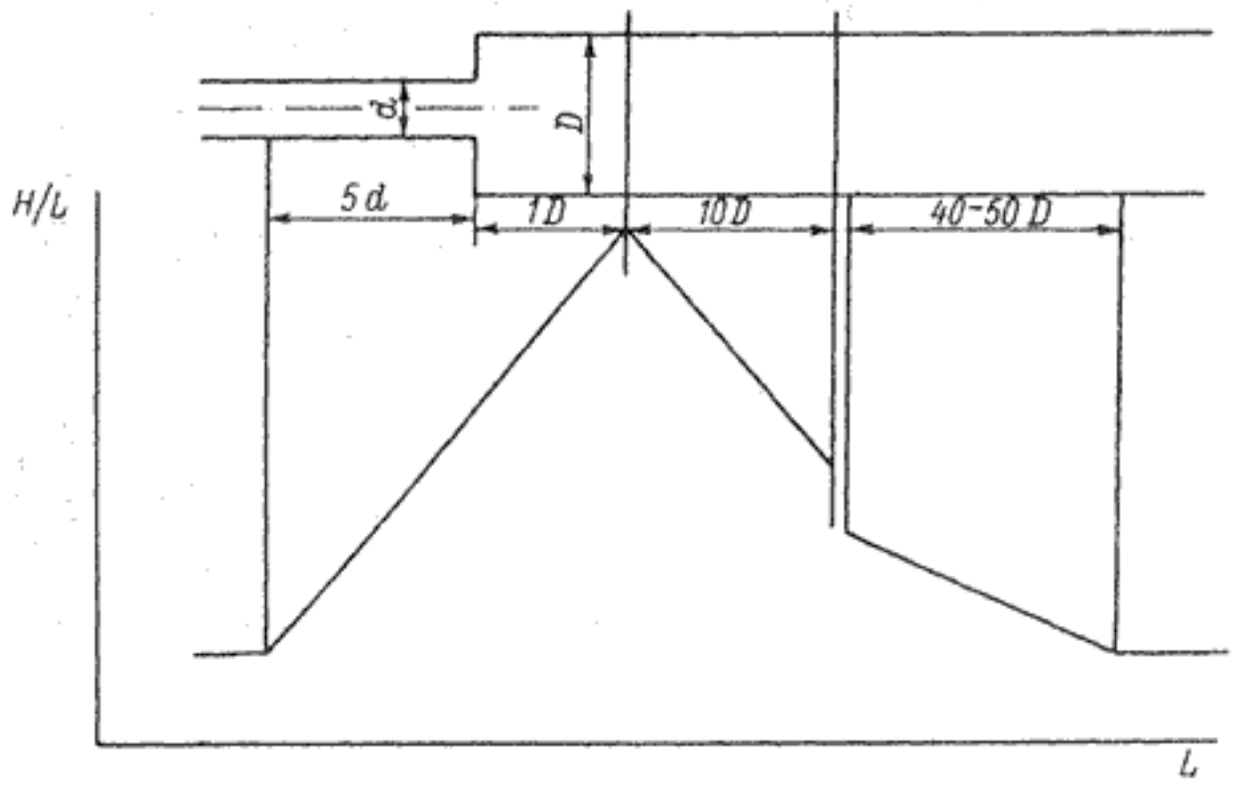


Рисунок 6.6

Розподіл втрат напору вздовж повітроводу при розширенні потоку

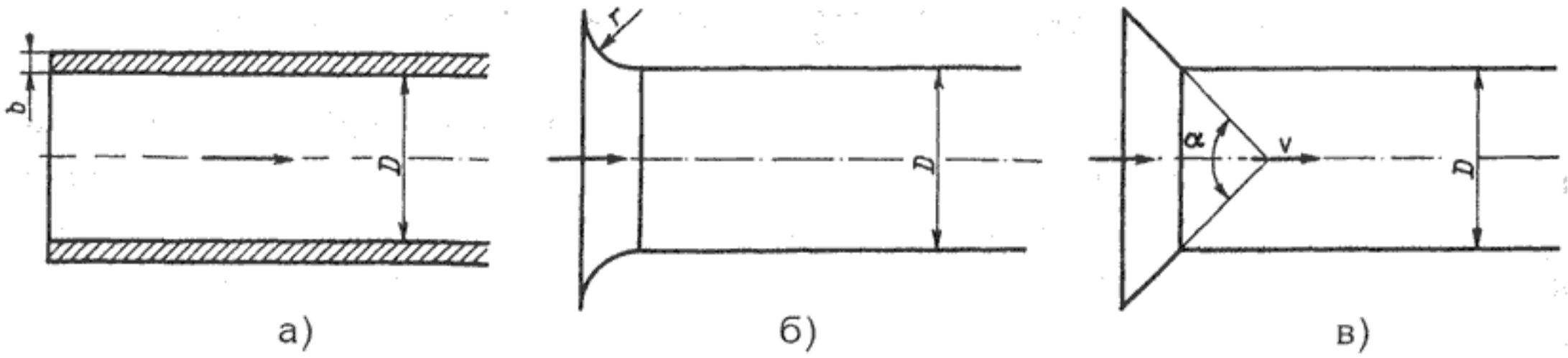


Рисунок 6.7
Варіанти форм входу потоку у повітровід

Істотною відмінністю місцевих втрат напору від втрат напору на тертя є те, що під час руху потоків їхня турбулентність, а отже, і втрати напору по довжині повітроводів змінюються (рис. 6.6). Це пояснюється тим, що інтенсивне вихороутворення відбувається на ділянці до місцевого опору й у невеликій зоні, розташованій безпосередньо за об'єктом місцевого опору. Вихори, що утворилися вздовж повітроводів, поступово зникають, при цьому витрачається енергія потоку. Найбільш інтенсивне зникнення вихорів відбувається безпосередньо на відстані 2–5 D від місця порушення структури потоку. На відстані 5–10 D зникнення вихорів в основному припиняється. Однак повне відновлення структури потоку відбувається тільки на відстані 30–40 D.

Отже, можна визначити поняття ***об'єкта місцевого опору*** як ділянку повітроводу, на якій порушується і відновлюється структура потоку внаслідок його розширення, звуження, повороту і т. ін.

Місцеві опори характеризуються коефіцієнтом $\xi = H_м / P_д$, де $H_м$ — місцеві втрати.

Коефіцієнти ξ у більшості випадків визначаються тільки експериментальним шляхом залежно від конструктивного оформлення місцевих опорів. Наприклад, коефіцієнт ξ для входу повітря у повітровід постійного перерізу (рис. 6.7, а) зі збільшенням товщини стінки зменшується і має такі значення:

b / D	0,001	0,004	0,008	0,012	0,016	0,024	0,09
ξ	1	0,94	0,88	0,83	0,77	0,72	0,68

Величини коефіцієнта ξ при використанні колектора (рис. 6.7, б) такі:

r / D	0	0,01	0,03	0,05	0,08	0,12	0,2
ξ	1	0,87	0,61	0,40	0,20	0,10	0,03

Застосування для входу повітря конусоподібної насадки (рис. 6.7, в) дає змогу різко зменшити коефіцієнт ξ.

Величини коефіцієнта ξ для діафрагми (рис. 6.8) залежать від співвідношення площ отворів діафрагми $S_д$ і повітроводу $S_в$:

$S_д / S_в$	0,01	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,8
ξ	3×10^4	250	51	19	8,5	4	2	0,3

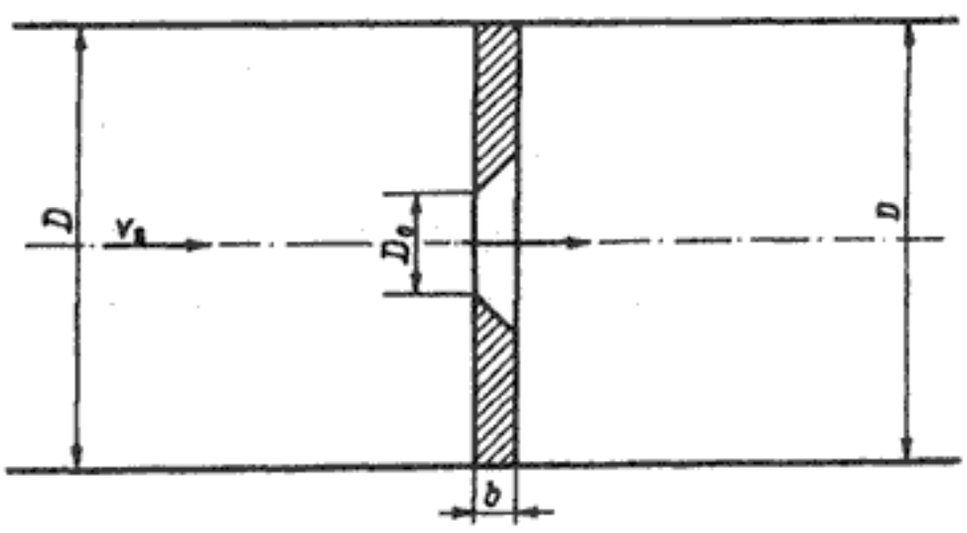


Рисунок 6.8
Схема встановлення діафрагми у повітроводі

Місцеві опори при поділі й злитті потоків характеризуються двома коефіцієнтами: прямого проходу $\xi_п$ і бічного відгалуження $\xi_б$. Ці коефіцієнти залежать від співвідношення площ повітроводів і швидкостей руху повітря. Величини коефіцієнта $\xi_б$ наведено в табл. 6.1; величини коефіцієнта $\xi_п$ при $S_б = S_{об}$ такі: при $Q_б / Q_{об} = 0,1\xi_п = 0,16$; при $Q_б / Q_{об} = 0,3\xi_п = 0,38$; при $Q_б / Q_{об} = 0,6\xi_п = 0,57$; при $Q_б / Q_{об} = 1\xi_п = 0,56$.

Наведені значення коефіцієнта $\xi_п$ справедливі при розташуванні місцевих опорів на відстані, що унеможливлює їх взаємний вплив. Цю відстань можна прийняти такою, що дорівнює 10–12 D. Залежно від цієї відстані величини загального коефіцієнта ξ кількох місцевих опорів можуть бути як меншими від суми коефіцієнтів місцевих опорів, так і значно більшими.

При розрахунках місцеві втрати визначаються відповідно до залежності

$$H_м = \xi \cdot P_д = \xi \frac{\rho_в V_{ср}^2}{2}. \qquad (6.14)$$

Співвідношення між втратами напору на тертя і місцеві втрати у вентиляційних мережах можна визначити в такий спосіб. Припустимо, що $H_м = H_{тр}$. Тоді відносна довжина прямолінійного металевого круглого повітроводу ($\lambda_l = 0,03$), при якій втрати напору дорівнюють втратам напору при повороті потоку під кутом 90° ($\xi = 1,4$), становитиме

$$\frac{\rho_в \lambda_1 L_в}{2D} V_{ср}^2 = \frac{\rho_в \xi}{2} V_{ср}^2,$$

звідки

$$L_в = \frac{\xi \cdot D}{\lambda_1} = \frac{1,4}{0,03} D \approx 50D,$$

тобто втрати напору при повороті потоку під кутом 90° дорівнюватимуть втратам напору на тертя вздовж ділянки повітроводу, що дорівнює 50 *D*. У вентиляційних мережах місцеві опори в більшості випадків розташовуються на значно меншій відстані, тому на місцеві втрати нерідко припадає 80–90 % загальних втрат напору.

Таблиця 6.1

Коефіцієнти $\xi_б$ при злитті потоків у випадку $S_п = S_{об}$ і $\alpha = 90°$ (коефіцієнти $\xi_б$ віднесено до $V_{об}$)

$Q_б/Q_{об}$	$S_б/S_{об}$						
	0,1	0,2	0,3	0,4	0,6	0,8	1
0	-1	-1	-0,75	-0,75	-0,70	-0,65	-0,60
0,1	0,4	-0,37	-,038	-0,40	-0,42	-0,39	-0,37
0,2	3,8	0,72	0,13	-0,02	-0,12	-0,14	-0,18
0,3	9,2	2,3	0,75	0,44	0,19	0,10	-0,01
0,4	16,3	4,3	1,55	0,75	0,53	0,36	0,26
0,5	25,5	6,75	2,4	1,54	0,84	0,58	0,46
0,6	36,7	9,7	3,5	2,23	1,18	0,81	0,62
0,7	42,9	13	4,7	2,92	1,54	1,04	0,78
0,8	64,9	16,9	5,9	3,69	1,89	1,24	0,94
0,9	82	21,2	7,3	4,58	2,24	1,46	1,08
1	101	26	8,9	5,44	2,66	1,68	1,20

Примітка: $S_п$, $S_{об}$, $S_б$ – площа поперечного перерізу повітроводів: прямого до і після злиття потоків, бічного; $Q_{об}$, $Q_б$ – кількість повітря у повітроводах після злиття потоків і в бічному.

§ 6.6. Припливні вентиляційні мережі

У припливних вентиляційних мережах чисте повітря за допомогою повітророзподільників у необхідних кількостях подається в робочі зони. Однак місця їх встановлення обмежені розташуванням устаткування. Тому повітророзподільники, як правило, встановлюють на деякій відстані від робочої зони. У просторі між повітророзподільником і робочою зоною утворюється вільний припливний струмінь. За допомогою різних конструкцій повітророзподільників змінюють параметри цього струменя, тобто керують ним: змінюють швидкість руху повітря в заданій точці, його напрямок, далекобійність тощо.

Припливні вентиляційні мережі використовують для організації як місцевої вентиляції, так і загальнообмінної. У місцевій вентиляції повітря із заданими параметрами подається безпосередньо в робочу зону. У загальнообмінній — необхідно створити задану рухливість повітря в будівлі або в якійсь його частині.

Основною характеристикою будь-якого повітророзподільника є далекобійність струменя, тобто відстань від повітророзподільника до точки в приміщенні, у якій досягається необхідна швидкість руху повітря. Конструктивні рішення у процесі розробки повітророзподільників дають можливість змінювати далекобійність струменя, тобто рухливість повітря як у робочій зоні, так і в цілому в приміщенні. Повітророзподільники із зосередженою подачею повітря (рис. 6.9) застосовують з метою збільшення далекобійності струменя. Коли необхідно подати більшу кількість повітря у верхню зону, його випускають через отвори у повітроводі. У невеликих приміщеннях, коли далекобійність струменя повинна бути мінімальною, повітря випускають через плафони. Характеристики деяких повітророзподільників, які застосовуються на заводах, наведено в табл. 6.2.

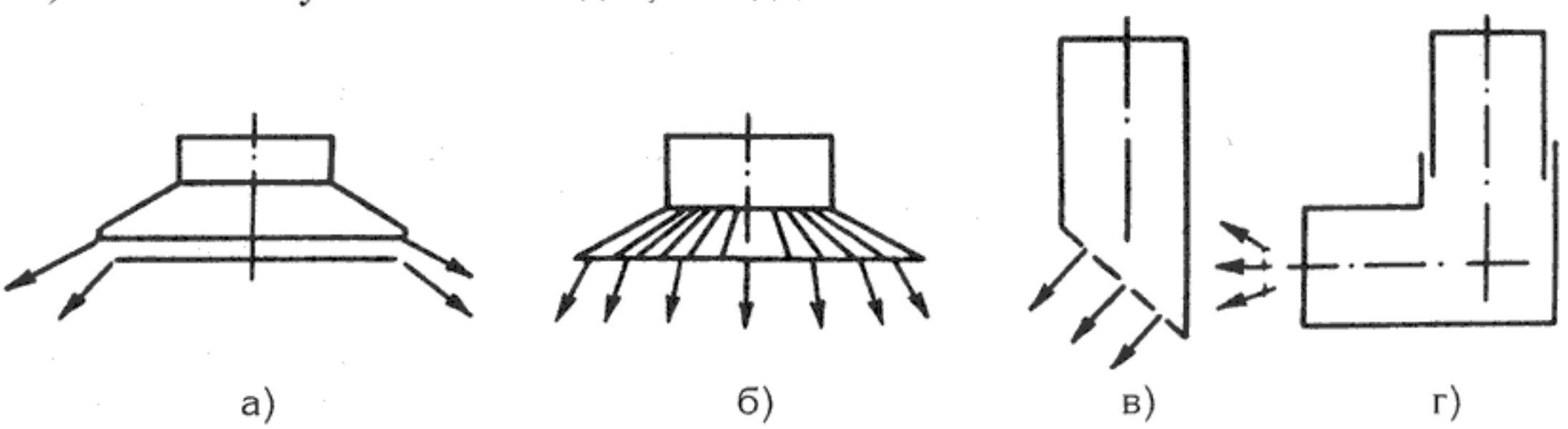
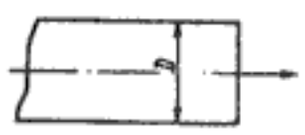
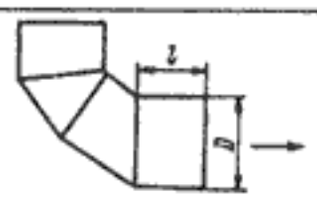
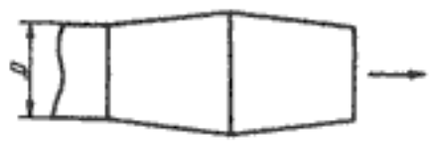
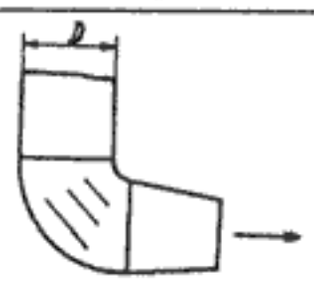


Рисунок 6.9
Повітророзподільники: а — плафон ВНИИГС; б — шестидифузорний плафон; в — патрубок Батуріна; г — патрубок ЛИОТ

Таблиця 6.2

Основні характеристики повітророзподільників

Тип	Схема	Коефіцієнт m	Коефіцієнт о
Циліндрична труба		6,8	1,1
Циліндрична труба після відводу, $l = (0{,}4 : 0{,}8)\ D$		5,4	1,5
Поворотний патрубок типу ПП		6,6	1,1
Поворотний повітророзподільник типу ППД		6,6	1,2
Патрубок душування Батуріна з верхнім підводом ($\alpha = 30°$)		5,8	5,2

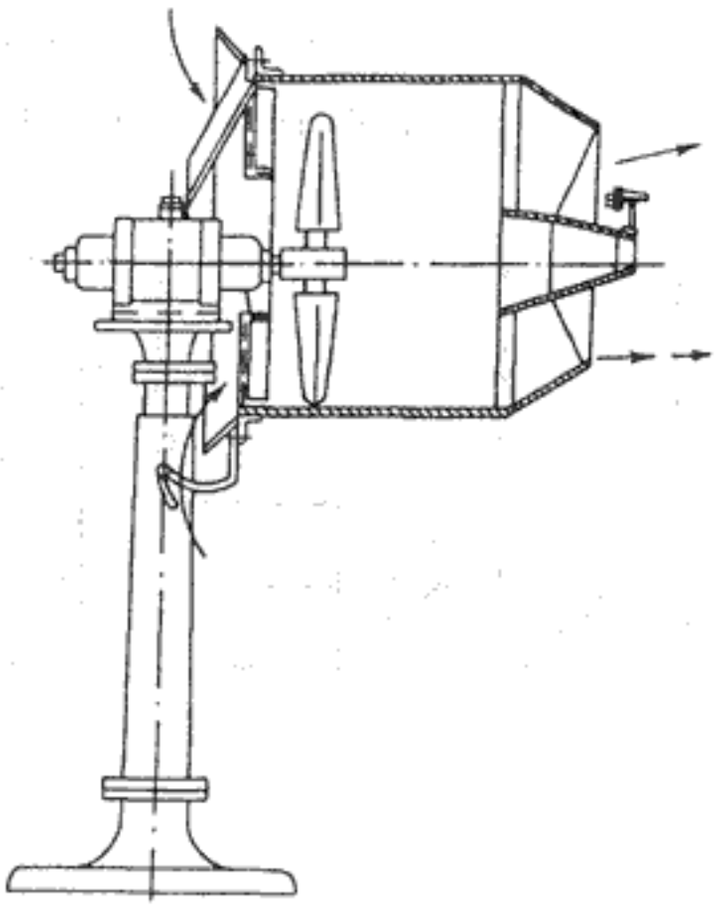


Рисунок 6.10
Повітряний душ

Припливні вільні струмені використовують і в інших видах вентиляції: повітряного душування, повітряних завіс тощо.

Найпростіший повітряний душ являє собою низьконапірний осьовий вентилятор. Він встановлюється на спеціальній підставці й має пристрій для зміни відносної вологості повітря (рис. 6.10). Широко застосовується в ковальських, ливарних та інших цехах, де експлуатується устаткування з великим тепловиділенням. Як правило, у цих випадках знизити температуру повітря за допомогою загальнообмінної вентиляції навіть у робочій зоні до необхідних значень неможливо. Тому, щоб поліпшити умови праці, збільшують рухливість повітря тільки в робочій зоні, використовуючи повітряні душі.

Повітряні душі забирають повітря з приміщення і спрямовують у робочу зону, створюючи там більшу його рухливість, ніж у приміщенні, тобто вони не видаляють теплоту, а тільки збільшують швидкість руху повітря в робочій зоні біля джерела її виділення. При цьому збільшується відведення тепла з організму людини, завдяки чому підвищується її працездатність.

Припливні вільні струмені використовують також і при організації повітряних завіс для обмеження проходу повітря в приміщення в холодний період року через відкриті прорізи (наприклад, через ворота).

§ 6.7. Витяжні вентиляційні мережі

Витяжна вентиляційна мережа являє собою повітрозабірний пристрій, за допомогою якого повітря забирається з будівлі і по трубопроводах вентилятором викидається в атмосферу. При заборі повітря навколо повітрозабірного пристрою виникає вільний витяжний струмінь. Параметри цього струменя залежать від конструкції повітрозабірного пристрою. Змінюючи ці параметри, керують вільним витяжним струменем, тобто створюють необхідну швидкість руху повітря в заданій точці або необхідну зону розрідження повітря, у якій і розташовують джерело виділення шкідливих речовин.

Витяжні вентиляційні мережі застосовують як у місцевій, так і в загальнообмінній вентиляції. У місцевій вентиляції при заборі повітря за допомогою повітрозабірного пристрою утворюється витяжний вільний вентиляційний струмінь, який і створює зону зі зниженим тиском. Джерело виділення шкідливих речовин повинно розміщуватися в цій зоні. У загальнообмінній вентиляції за допомогою повітрозабірних пристроїв створюється необхідний рух повітря в приміщенні.

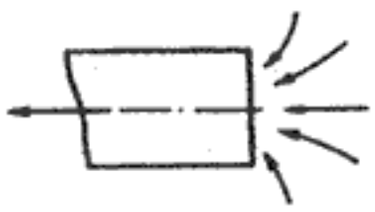
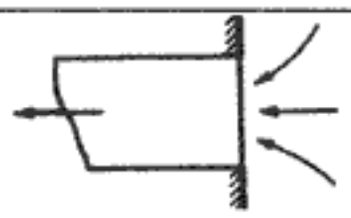
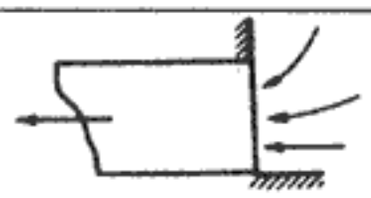
Найпростіший повітроприймач являє собою вхідний отвір у циліндричній трубі. Застосовується він у системах загальнообмінної і місцевої вентиляції.

Величини коефіцієнта m' для різних умов входу потоку в повітровід наведено в табл. 6.3. З формули (6.8) видно, що рухливість повітря в зоні всмоктування зі збільшенням r різко знижується. Так, уже на відстані $r = D$ швидкість $V_т$ дорівнюватиме тільки 6 % від $V_{сер}$. Ця обставина є визначальною при розробці конструкцій повітроприймачів.

Найбільш ефективні повітроприймачі — це місцеві відсмоктувачі типу витяжної шафи. При швидкості руху повітря у вхідному перерізі 0,5–0,7 м/с і кількості повітря, що відсмоктується, 500–1000 м^3/год досягається повне видалення шкідливих речовин. Однак витяжні шафи можуть застосовуватися тільки для виготовлення дрібних виробів.

Таблиця 6.3

Величина коефіцієнта т′ залежно від форми вхідного отвору

Схема розташування отвору	Кут входу повітря, рад	Форма отвору	
		кругла	прямокутна
	2π	0,06	0,16
	πp	0,12	0,32
	$\pi / 2$	0,24	0,64

Широкого застосування набули прості повітроприймачі типу конусоподібних парасольок. Ефективність видалення шкідливих речовин за допомогою таких парасольок досить висока. Їх встановлюють над нагрівальними печами, сушильними камерами тощо. Джерело виділення шкідливих речовин у цьому випадку повинно розташовуватися безпосередньо під повітроприймачем. Кількість повітря, що відсмоктується через парасолі, також велике — 1000–2000 $м^3$/год.

Основний технологічний процес на підприємствах, під час якого виділяється велика кількість шкідливих речовин, — це зварювальні роботи. Концентрація пилу і газів у робочій зоні зварника навіть при добре організованій загальнообмінній вентиляції перевищує ГДК у кілька разів. Пил і гази, що утворюються при зварюванні на стаціонарних робочих місцях, успішно видаляються за допомогою місцевої витяжної вентиляції.

Одним з найпоширеніших повітроприймачів місцевої витяжної вентиляції при зварюванні на стаціонарних робочих місцях є повітроприймач типу «похила панель рівномірного всмоктування». На рис. 6.11, а показано місцевий стаціонарний повітроприймач Чернобережського. Всмоктувальний отвір цього повітроприймача являє собою штамповану решітку, у якій сумарна площа отворів становить 25 % від загальної площі. Решітку розташовують під кутом 35–45° до горизонтальної площини. Проміжок між решіткою і стінкою обшивають листовим металом. Щоб підвищити ефективність видалення пилу і газів, а також знизити витрати на вентиляцію, рекомендується влаштовувати козирок. Обсяг повітря, що відсмоктується, залежно від конструкції панелі — 1250–год.

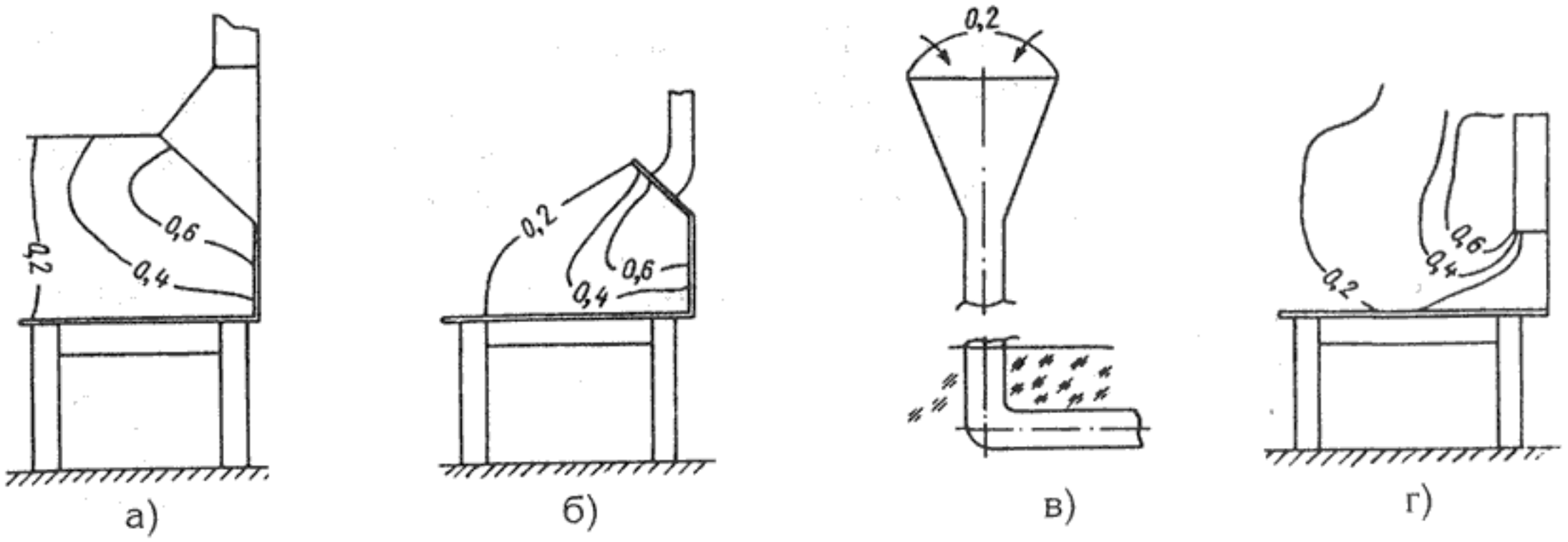


Рисунок 6.11
Місцеві стаціонарні повітроприймачі: а – Чернобережського; б – з нижнім відсмоктувачем; в – Шведова; г – Карачаєва

Заслуговують на увагу повітроприймачі з нижнім відсмоктувачем (рис. 6.11, б). Їх ефективність дещо нижча, ніж у повітроприймачів типу «панелі рівномірного всмоктування». Але розташування повітроводів у землі є істотною перевагою, що визначає умови їхнього застосування.

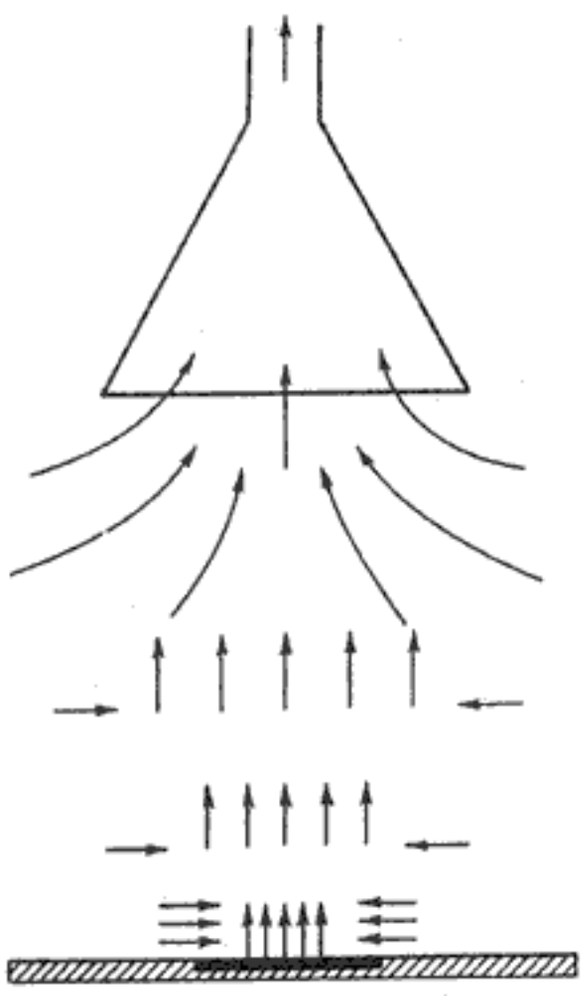


Рисунок 6.12
Схема руху повітря в тепловому й витяжному вільних струменях

Особливістю систем місцевої вентиляції при зварювальних роботах на нестаціонарних робочих місцях (наприклад, при зварюванні великогабаритних виробів, секцій, блоків тощо) є те, що пилогазоприймачі повинні бути малогабаритними, легко транспортуватися й фіксуватися поблизу точки зварювання. У процесі зварювання внаслідок горіння зварювальної дуги температура металу підвищується до декількох тисяч градусів, що приводить до утворення теплового вільного струменя (рис. 6.12). Цей струмінь можна розділити на дві ділянки: ділянку деформування й основну ділянку. На ділянці деформування, довжина якої 1–1,2b (де b — ширина нагрітої поверхні), утворюється однорідний профіль швидкостей і поступово збільшується осьова швидкість, досягаючи в кінці ділянки максимальної величини. На основній ділянці осьова швидкість руху потоку зменшується, а кількість повітря, задіяного в русі, збільшується.

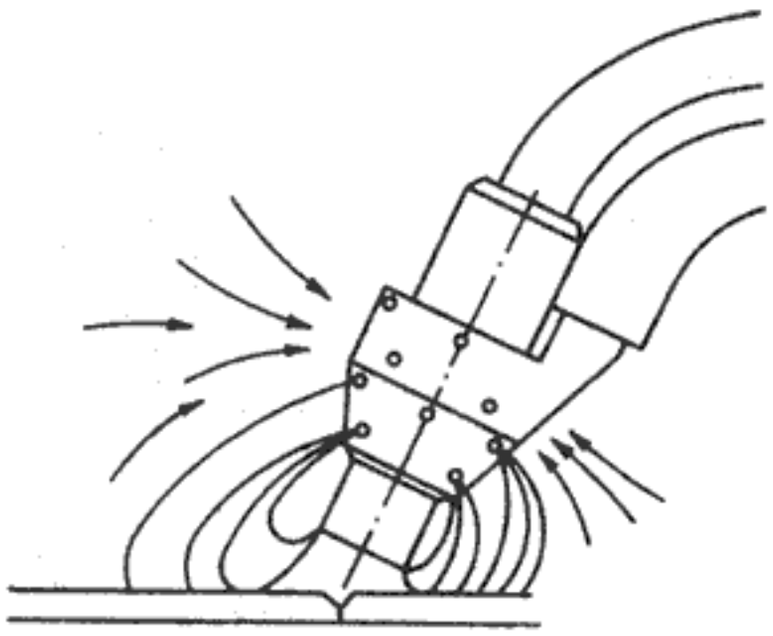


Рисунок 6.13
Зварювальний пальник фірми «Бернард» (Німеччина)

Швидкість руху на осі потоку V_x і кількість повітря, що пройшло через переріз, розташований на відстані x від нагрітої поверхні Q_x, визначаються за такими формулами:

$$V_x = 0{,}16 W_н^{1/3} x^{-1/3}; \quad (6.15)$$

$$Q_x = 22 W_н^{1/3} x^{5/3}, \quad (6.16)$$

де $W_н$ — кількість теплоти, які надходить у повітря від нагрітої поверхні.

Щоб видалити шкідливі речовини, що утворюються при зварюванні, тепловий вільний струмінь повинен захоплюватися вільним витяжним струменем пилогазоприймача. Ефективність видалення шкідливих речовин залежить від того, наскільки повно видаляється повітря теплового струменя вільним витяжним струменем.

З формули (6.16) видно, що зі збільшенням x збільшується і кількість повітря теплового струменя, який необхідно видалити, тому повітроприймач треба максимально наблизити до точки зварювання. Для цього фірма «Бернард» (Німеччина) рекомендує кріпити повітроприймач на зварювальному пальнику (рис. 6.13). Однак через невелику площу всмоктувальних отворів навряд чи можливо видалити із зони зварювання все повітря теплового струменя, тобто ефективність місцевої системи вентиляції буде низькою.

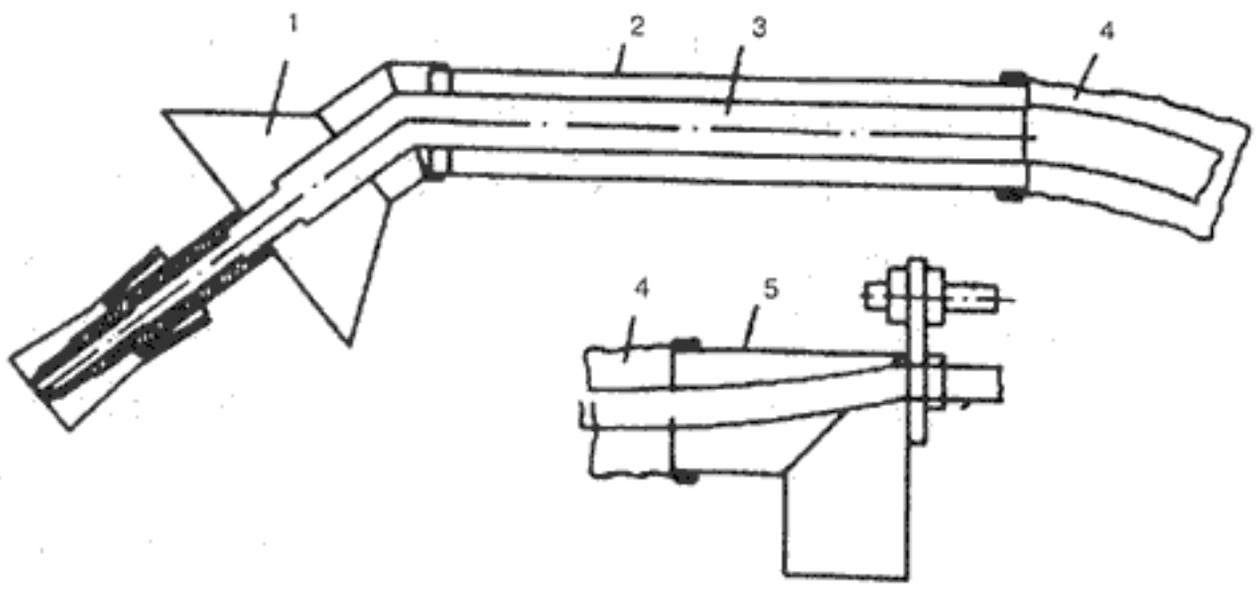
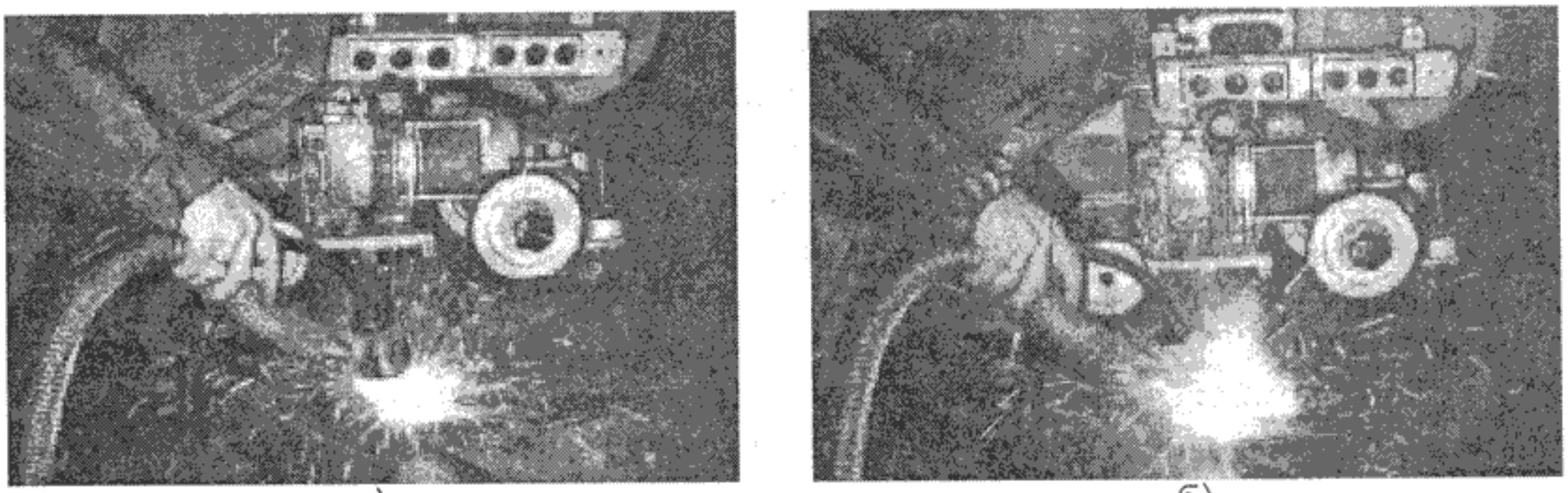


Рисунок 6.14
Напівавтомат А-547, обладнаний місцевим відсмоктуванням: 1 – пилогазоприймач; 2 – ручка; 3 – держак-пальник; 4 – гумотканинний шланг; 5 – перехідник

Щоб підвищити ефективність місцевої вентиляції, автори рекомендують конусоподібний повітроприймач, що також кріпиться на зварювальному пальнику. Систему місцевої вентиляції при зварюванні в середовищі вуглекислого газу за допомогою напівавтомата А-547 показано на рис. 6.14. Вона складається з конусоподібного пилогазоприймача, ручки, усередині якої кріпиться держак-пальник зварювального апарата, гумотканинного шланга діаметром 32 мм і довжиною 3 м і перехідника.



а) б)

Рисунок 6.15
Зварювання пальником А-547 з місцевим відсмоктувачем: а – при працюючій вентиляції; б – при непрацюючій вентиляції

Напівавтомат А-547, обладнаний місцевим відсмоктувачем

Експериментальні дослідження цієї системи показали, що кількість шкідливих речовин, що видаляються, при витраті повітря 90 $м^3$/год і розрідженні 5000 $Н/м^2$ становить 90–95 % (рис. 6.15).

Система працює в такий спосіб: виділені шкідливі речовини надходять у пилогазоприймач, потім по ручці і гумотканинних шлангах — до вентилятора. Систему можна підключати до рукавного тканинного фільтра. У цьому випадку вентиляція приміщень буде здійснюватися з частковою рециркуляцією повітря.

§ 6.8. Загальнообмінні системи вентиляції

Незважаючи на високу ефективність місцевої вентиляції, домогтися повного видалення шкідливих речовин з її допомогою неможливо. Нормативні документи передбачають, що навіть при добре організованій місцевій вентиляції, що видаляє 80–90 % шкідливих речовин, кількість повітря для загальнообмінної вентиляції повинна розраховуватися, виходячи з припущення, що вентиляція видаляє 25 % загальної кількості шкідливих речовин, які надходять у повітря.

У загальному випадку принципова схема *загальнообмінної* вентиляції має такий вигляд (рис. 6.16, а).

Повітря по повітроводах *1* через повітророзподільники *2* надходить у приміщення *3*, де утворюється припливний вільний струмінь. З приміщення повітря видаляється повітрозабірними пристроями *5*, у зоні дії яких утворюється вільний витяжний струмінь. Припливні і витяжні вільні струмені утворюють у приміщенні

рух повітря, що захоплює шкідливі речовини, знижує їхню концентрацію і по повітроводах *4* видаляє з приміщення. Високоефективною вентиляція буде тоді, коли повітровипускні і повітрозабірні пристрої розташовуватимуться так, щоб забезпечувався приплив чистого повітря на всі робочі місця в кількості, достатній для зниження концентрації шкідливих речовин до ГДК, і швидкість руху повітря при цьому не перевищуватиме значень, допустимих умовами мікроклімату.

На підприємствах для вентиляції приміщень застосовують системи з механічними джерелами тяги — вентиляторами, ежекторами тощо. Залежно від місця їх встановлення розрізняють припливну, витяжну і припливно-витяжну системи вентиляції.

Припливною називається така вентиляційна система, у якій вентилятори *6* розташовуються в припливних повітроводах (рис. 6.16, б). У цьому випадку в провітрюваних приміщеннях створюється підвищений тиск і повітря через нещільності у повітроводах і самому приміщенні починає надходити в сусідні приміщення. Така система застосовується для провітрювання приміщень, у яких немає виділення отруйних речовин та речовин з гострим запахом. Перевага такої системи вентиляції — велика інтенсивність перемішування повітря в приміщенні, що унеможливлює утворення високих місцевих концентрацій шкідливих речовин.

Витяжна вентиляційна система передбачає розташування вентиляторів *7* у витяжних повітроводах (рис. 6.16, в). У цьому випадку за рахунок втрат напору в повітроподавальних пристроях у приміщеннях зменшується тиск, у результаті чого повітря через нещільності надходить із сусідніх приміщень у провітрюване приміщення. Цю систему вентиляції застосовують тоді, коли під час виробничих процесів виділяються отруйні речовини та речовини з гострим запахом, а також у випадку, коли неможливо забезпечити концентрацію шкідливих речовин у межах ГДК.

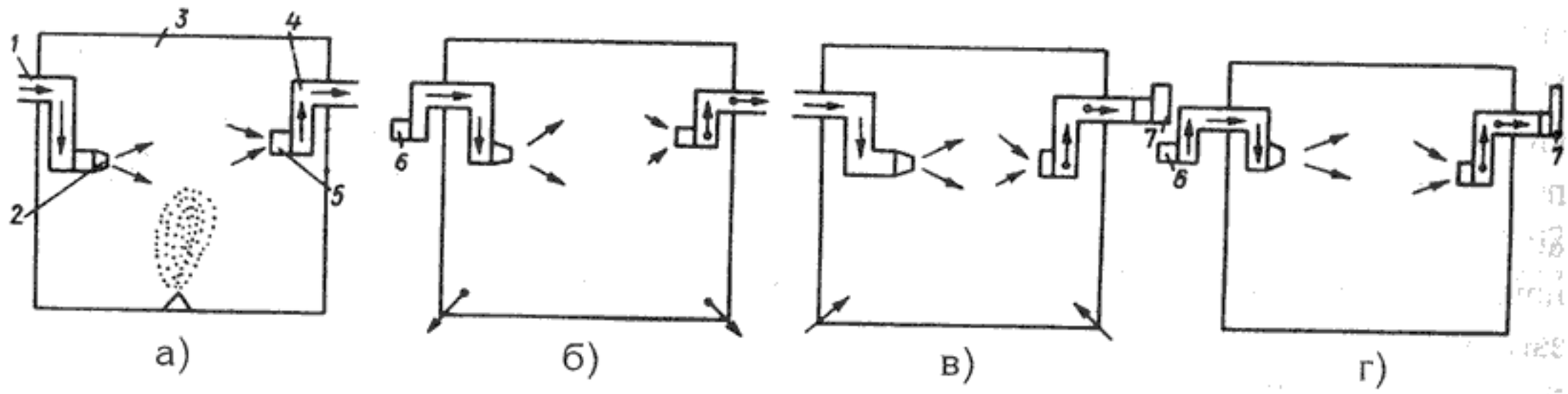


Рисунок 6.16

Вентиляції: а – загальнообмінна; б – припливна; в – витяжна; г – припливно-витяжна (комбінована); 1, 4 – повітроводи; 2 – повітророзподільники; 3 – приміщення; 5 – повітрозабірні пристрої; 6, 7 – вентилятори

Припливно-витяжною (комбінованою) система вентиляції буде в разі встановлення вентиляторів у припливних і витяжних повітроводах (рис. 6.16, г). У таких випадках витрата повітря у вентиляторів може бути різною; у результаті цього в приміщенні виникає більший чи менший тиск, ніж поза приміщенням.

Щоб визначити кількість повітря, необхідну для вентиляції, розглянемо механізм видалення шкідливих речовин із приміщення (див. рис. 6.16, а). Припустимо, що в результаті руху повітря в приміщенні шкідливі речовини, які виділяє устаткування, перемішуються і їхня концентрація в повітрі однакова у всьому об'ємі приміщення. У такому випадку кількість шкідливих речовин, що надходять у приміщення з вхідним потоком повітря $P_в$ і тих, які виділяються під час технологічних процесів A, повинні дорівнювати кількості речовин, що видаляються (забираються) з приміщення $P_з$, тобто

$$P_в + A = P_з. \qquad (6.17)$$

Кількість шкідливих речовин, що переносяться через будь-який поперечний переріз повітроводу,

$$P = Q \cdot N, \qquad (6.18)$$

де Q — кількість повітря, що пройшло через переріз, м^3/с;
N — концентрація шкідливих речовин у цьому повітрі, мг/м^3.

Підставивши величину P з формули (6.18) у формулу (6.17), з урахуванням кількості вхідних і вихідних (забраних, видалених) шкідливих речовин, одержимо:

$$N_в \cdot Q_в + A = N_з \cdot Q_з. \qquad (6.19)$$

Знехтувавши втратами повітря, тобто припускаючи, що $Q_в = Q_з = Q_о$, після нескладних перетворень маємо:

$$Q_о = A / (N_з - N_в). \qquad (6.20)$$

Формула (6.20) дає змогу визначити кількість повітря для забезпечення необхідної концентрації шкідливих речовин у промислових викидах. Санітарні норми (СН 245-71) встановлюють ГДК шкідливих речовин у повітрі робочої зони $N_{рз}$. Для переходу у формулі (6.20) від $N_з$ до $N_{рз}$ введемо коефіцієнт ефективності вентиляції:

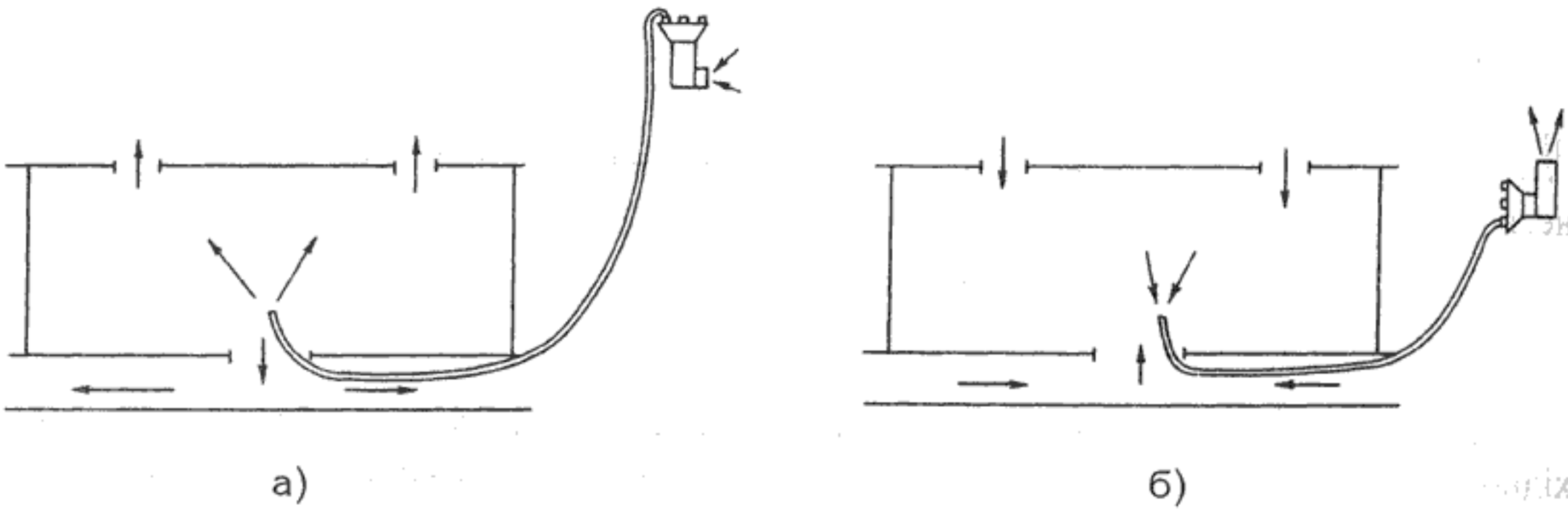
$$K_е = (N_з - N_в) / (N_{рз} - N_в), \qquad (6.21)$$

який показує рівномірність розподілу концентрації шкідливих речовин у приміщенні. При достатньому перемішуванні повітряного середовища в приміщенні, що можливо за умови правильного розташування повітроподавальних і повітрозабірних пристроїв, $N_з = N_{рз}$, а $K_е = 1$. При неправильному їх розташуванні рухоме повітря в приміщенні не повністю доходить до робочих місць, і тоді концентрація шкідливих речовин у робочій зоні може перевищувати $N_з$. У цьому випадку $K_е < 1$. З формули (6.21) одержимо $N_з = K_е (N_{рз} - N_в) + N_в$. Підставивши отримане значення $N_з$ у формулу (6.20), маємо:

$$Q_о = A / [K_е (N_{рз} - N_в)]. \qquad (6.22)$$

Щоб визначити величину коефіцієнта $K_е$, розглянемо процес провітрювання каюти споруджуваного судна. Як правило, для провітрювання приміщень споруджуваних суден застосовують так звані пересувні вентиляційні установки, розроблені на базі вентиляторів ВВД-8, ВВД-9, ЦС і деяких інших відцентрових високонапірних вентиляторів. Їх можна використовувати і як припливні, і як витяжні. До вентилятора залежно від його потужності підключають 4–8 гумотканинних шлангів діаметром 0,100–0,125 м.

Припливна система провітрювання передбачає, що вентилятор подає повітря в приміщення по шлангах, а видаляється воно через відкриті ілюмінатори і дверні прорізи (рис. 6.17). У каюті утворюються припливний вільний струмінь при виході повітря з гумотканинних шлангів і витяжний вільний струмінь при вході повітря в прорізи ілюмінаторів і дверей.



а) б)

Рисунок 6.17
Схема руху повітря в каюті під час провітрювання: а – припливною системою вентиляції; б – витяжною системою вентиляції

Щоб визначити рухливість повітря в каюті, припустимо, що швидкість його руху при виході з гумотканинних шлангів дорівнює 10 м/с. Тоді швидкість руху повітря на відстані 5 м від шланга за формулою (6.2) становитиме

$$V_x = 0{,}8 \cdot 10 \cdot 6{,}8\ (0{,}1/5) = 1{,}1 \text{ м/с},$$

тобто швидкість руху повітря в будь-якій точці каюти значно перевищує значення, допустимі за умовами мікроклімату. У цьому випадку шкідливі речовини, що утворюються, будуть добре перемішуватися, $N_{рз} = N_з$ і $K_е = 1$.

Видаляється повітря з приміщення під дією напору, створюваного вентилятором, через ілюмінатори й дверні прорізи. Витяжні струмені, що утворюються при цьому, на рухливість повітря в каюті не впливають.

Витяжна система провітрювання передбачає, що повітря надходить у каюту через відкриті прорізи ілюмінаторів і дверей, а видаляється по гумотканинних шлангах вентилятором. Напрямок і швидкість руху повітря в каюті залежать від припливного вільного струменя, що утворюється після виходу повітря з ілюмінаторів і дверних прорізів, і витяжного вільного струменя, що утворюється при вході повітря в гумотканинні шланги.

При швидкості видалення повітря з приміщення 2000–2500 м^3/год (0,6 м^3/с) швидкість його руху в поперечних перерізах ілюмінаторів і дверей не буде перевищувати 0,3–0,4 м/с, тому припливні струмені на перемішування повітря і шкідливі утворювані речовини в приміщенні істотно не вплинуть. Швидкість руху повітря в зоні його всмоктування в гумотканинні шланги дуже швидко знижується. Справді, швидкість руху повітря за формулою (6.8) на відстані $x = D = 0{,}1$ м від шланга дорівнює $V_т = 10 \cdot 0{,}06 = 0{,}6$ м/с, а на відстані $x = 2D = 0{,}2$ м становить 0,15 м/с, тобто і цей струмінь на рухливість повітря в каюті не впливає. Якщо робітник працює біля стінки каюти, то він практично працює без вентиляції. У цьому випадку $N_{рз} > N_з$, а $K_е < 0$. Відповідно до нормативних галузевих документів для збільшення $K_е$ рекомендуються спеціальні заходи щодо збільшення рухливості повітря в приміщенні: випуск стисненого повітря, ежектори і т. ін., але й у цьому випадку припускається, що $K_е = 0{,}7$.

Формулу (6.22) застосовують для визначення кількості повітря при виділенні в приміщення будь-яких шкідливих речовин. У випадку одночасного виділення в приміщення декількох речовин, що не виявляють односпрямованості дії, кількість повітря визначають для кожної речовини окремо, а для вентиляції визначають максимальну кількість повітря.

Так, під час напівавтоматичного зварювання в середовищі вуглекислого газу за умови, що витрата зварювального дроту Св08Г2С становить 2 кг/год і сила струму не перевищує 400 А, утворюються: пил (загальна кількість) 28 000 мг/год, оксиди марганцю — 1600 мг/год та оксиди вуглецю 12 000 мг/год. Кількість повітря, необхідна для видалення цих речовин, за формулою (6.22) при $K_e = 1$, становитиме:

- для пилу (загальна кількість):
  $Q_п = 28\,000 / (4 – 1{,}2) = 10\,000$ м^3/год;
- для оксидів марганцю:
  $Q_м = 1600 / (0{,}3 – 0{,}1) = 800$ м^3/год;
- для окису вуглецю:
  $Q_в = 12\,000 / (30 – 10) = 600$ м^3/год.

Отже, для провітрювання даного приміщення необхідна кількість повітря — 10 000 м^3/год.

При виділенні в приміщення речовин односпрямованої дії кількість повітря для їх провітрювання також визначається за формулою (6.22) для кожної речовини окремо, але для провітрювання приміщення приймається сумарна кількість повітря. Наприклад, при нанесенні ґрунту ФЛ-ОЗк щіткою продуктивність праці маляра 10 м^2/год, питома витрата фарби 100 г/м^2 (див. табл. 6.18). До складу леткої частини ґрунту входять по 18 % ксилолу та уайт-спіриту. У цьому випадку інтенсивність їх виділення за формулою (5.8) дорівнює $A = 0{,}0028 \cdot 1 \cdot 10 \cdot 100 \cdot 18 = 38{,}4$ мг/с, а кількість повітря, необхідна для загальнообмінної вентиляції, за формулою (6.22) при $K_e = 1$ становитиме:

- для ксилолу:
  $Q_к = 38{,}4 / (50 – 0{,}3 \cdot 50) \approx 1{,}1$ м^3/с;
- для уайт-спіриту:
  $Q_у = 38{,}4 / (300 – 0{,}3 \cdot 300) \approx 0{,}18$ м^3/с.

Для провітрювання приміщення необхідна кількість повітря становитиме $Q_о = Q_к + Q_у = 1{,}1 + 0{,}2 = 1{,}3$ м^3/с, тобто 4800 м^3/год.

У приміщеннях з виробничими процесами без виділення шкідливих речовин СН 245-71 рекомендує визначати кількість повітря, необхідного для провітрювання, з розрахунку об'єму приміщення, що припадає на одного працівника. Якщо на одного працівника припадає менше ніж 20 м^3 приміщення, необхідно подавати 30 м^3/год повітря і більше на кожного. У приміщеннях, де на одного працівника припадає об'єм 20–40 м^3, необхідна кількість повітря для провітрювання становить 20 м^3/год на кожного. У приміщеннях, що мають об'єм понад 40 м^3 на працівника, допускається періодично діюча природна вентиляція.

§ 6.9. Вентилятори та їх характеристики

Для провітрювання приміщень на підприємствах застосовують осьові і відцентрові вентилятори.

В осьових вентиляторах (рис. 6.18, а) робоче колесо складається з втулки *1*; по її периметру кріпляться профільовані лопатки *2*, кут встановлення яких змінюється в межах 10–45°. Робоче колесо розміщується в циліндричному кожусі *3*. Повітря надходить по осі робочого колеса з одного боку й виходить з іншого. Щоб зменшити втрати напору, за колесом встановлюється спрямовувальний апарат *4*, призначений для вирівнювання повітряного потоку. Осьові вентилятори можуть бути одноступінчастими (одне робоче колесо) і багатоступінчастими (декілька послідовно розташованих робочих колес). У відцентровому вентиляторі (рис. 6.18, б) робоче колесо являє собою диск із нерухомо закріпленими лопатками. Повітря надходить по осі робочого колеса, а потім під дією відцентрових сил розвертається на 90° і викидається з кожуха. Витрата повітря вентилятора залежить від частоти обертання робочого колеса.

Залежно від складу переміщуваного середовища вентилятори можуть бути різними:

- *звичайного виконання* — для переміщення неагресивних середовищ, що мають температуру не вище 150 °С і вміст пилу до 150 мг/м^3 без липких речовин;
- *антикорозійного виконання* — для переміщення агресивних середовищ;
- *вибухобезпечного (чи іскробезпечного) виконання* — для переміщення вибухонебезпечних середовищ;
- *пилові* — для переміщення повітря із вмістом пилу понад 150 мг/м^3.

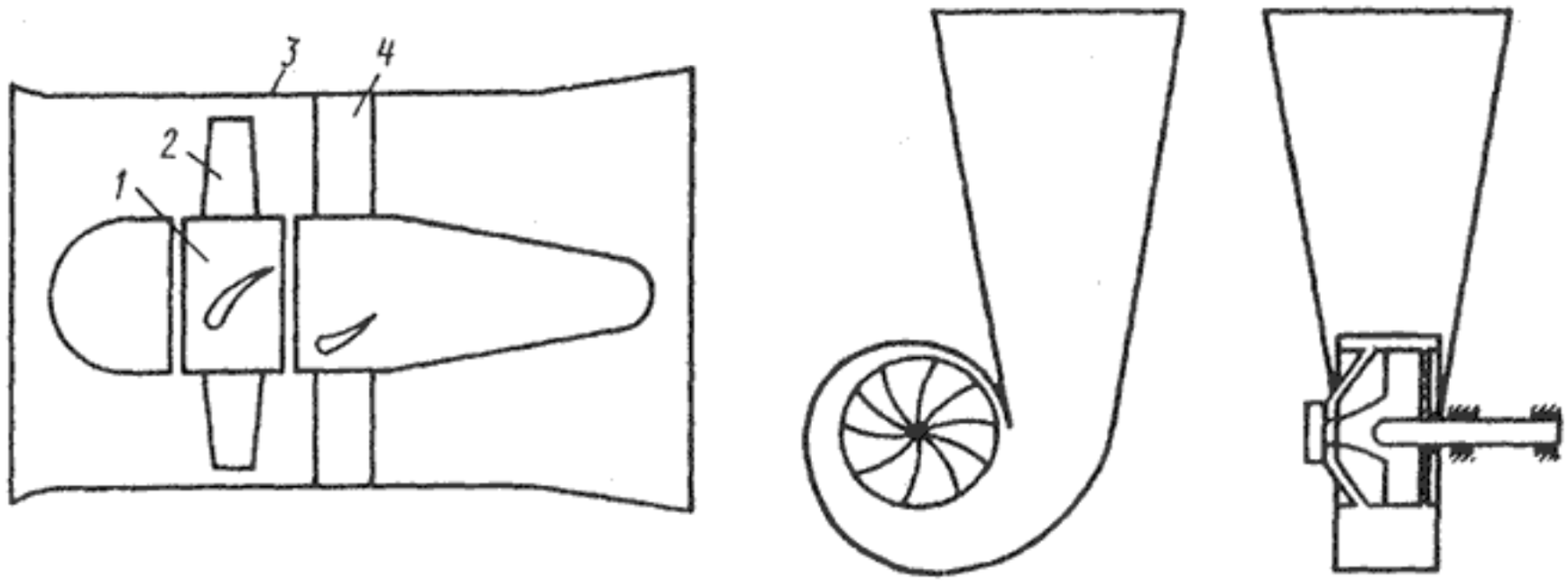


Рисунок 6.18
Вентилятори: а – осьовий: 1 – втулка; 2 – профільована лопатка; 3 – циліндричний кожух; 4 – спрямовувальний апарат; б – відцентровий

Основними характеристиками вентиляторів є продуктивність (чи витрата) повітря, м^3/год; створюваний напір, Па; коефіцієнт корисної дії; створюваний рівень шуму, дБ.

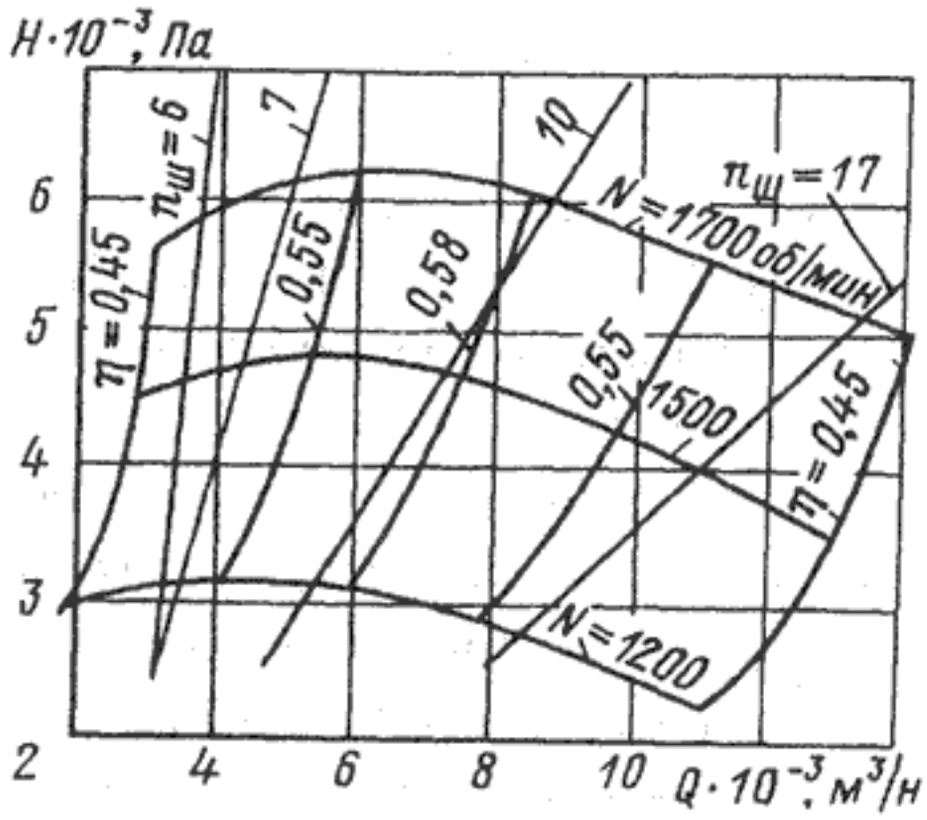


Рисунок 6.19
Аеродинамічна характеристика вентилятора ВВд-9

Продуктивність, напір і ККД вентилятора відображаються в аеродинамічній характеристиці вентилятора, що показує графічну залежність продуктивності вентилятора від напору (Н). Продуктивність осьових вентиляторів регулюється шляхом зміни кута повороту робочих лопаток, у відцентрових — кількістю обертів робочого колеса. Відповідно до вищезазначених особливостей на характеристиці вентилятора є кілька кривих. Щоб визначити режим роботи вентилятора, на його характеристику наносять характеристику вентиляційної мережі (формула 6.30). Точки перетинання кривих і дадуть режим роботи вентилятора. На рис. 6.19 показано характеристики вентиляційних мереж паралельного з'єднання, що складається із 6, 7, 10 і 17 гумотканинних шлангів діаметром 0,1 м і довжиною 20 м. З рисунка видно, що при N = 1700 об./хв і вентиляційній мережі, яка складається із 6 шлангів, продуктивність вентилятора $Q_в$ = 3600 м^3/год, а кількість повітря, що проходить через один шланг, $Q_ш$ = 600 м^3/год. При цьому ККД = 0,45. При тій же кількості обертів, але коли до вентилятора підключено 10 шлангів, продуктивність зростає до 8510 м^3/год, η = 0,58. Збільшується і кількість повітря, що проходить через один шланг, — до 850 м^3/год.

Робота вентилятора допускається з мінімальним ККД — він не повинен бути меншим за 0,6. Тому в довідковій літературі звичайно наводиться лише зона аеродинамічної характеристики, обмежена цим ККД, яка дістала назву *робочої зони характеристики вентилятора*.

Щоб вибрати вентилятор, будують зведені графіки характеристик вентиляторів і на них наносять характеристику вентиляційної мережі. Вибираючи вентилятор, треба враховувати необхідність можливого збільшення його потужності. Вибравши вентилятор, визначають режим його роботи. Для цього на аеродинамічну характеристику вентилятора наносять характеристику вентиляційної мережі; точки перетинання характеристик і покажуть режими його роботи.

Допускається робота на вентиляційну мережу декількох паралельно або послідовно розміщених вентиляторів. У цьому випадку для того, щоб визначити режим їхньої роботи, необхідно побудувати сумарну характеристику вентиляторів.

У випадку *послідовної роботи* двох вентиляторів на одну вентиляційну мережу кількість повітря, що проходить через мережу й вентилятори, становитиме $Q_1 = Q_2 = Q_{заг}$, а загальний створюваний напір $H_0 = H_1 + H_2$. При паралельній роботі вентиляторів $H_0 = H_1 + H_2$, а $Q_{заг} = Q_1 + Q_2$, де H_0 — сумарний напір, який створюють вентилятори; $Q_{заг}$ — сумарна витрата повітря вентиляторів; H_1, H_2 — напір, який створюють перший і другий вентилятори; Q_1, Q_2 — витрата повітря першим і другим вентиляторами.

Щоб побудувати сумарну характеристику послідовно працюючих вентиляторів при постійній витраті повітря, їхні напори додаються, а для паралельно працюючих вентиляторів при постійному напорі додаються їхні витрати повітря.

§ 6.10. Основні закономірності руху повітря у вентиляційних мережах

Досягти високої ефективності вентиляції можна лише за умови регулювання витрат повітря у вентиляційних мережах. Це пояснюється тим, що багато виробничих процесів виконують у невеликих зонах робочих приміщень (виняток — фарбувальні роботи). Тому можна вважати, що всі ці процеси є точковими джерелами виділення шкідливих речовин. У приміщеннях ці джерела звичайно розташовані нерівномірно. Інтенсивність виділення ними шкідливих речовин у часі змінюється у великих межах. Щоб створити нормальні умови праці, які відповідають санітарно-гігієнічним вимогам, до місць виділення шкідливих речовин необхідно подавати кількість повітря, пропорційну інтенсивності виділення шкідливих речовин. Занижений обсяг повітря не забезпечує розбавлення виділених речовин до рівнів допустимої концентрації. Завищена кількість повітря приведе до невиправдано великих економічних витрат, технічних утруднень при подачі повітря, а також до застудних захворювань працівників. Крім того, подача завищеної кількості повітря в багатьох випадках збільшує винесення пилу і, отже, збільшує його вміст у повітрі.

Подача заданого обсягу повітря на робочі місця досягається шляхом регулювання витрат повітря у повітроводах. Для цього необхідно знати основні закономірності розподілу повітря у вентиляційних мережах і методи їх розрахунку.

Залежно від взаємного розташування повітроводів розрізняють такі види з'єднань: послідовні; відкриті паралельні прості; відкриті паралельні складні; комбіновані.

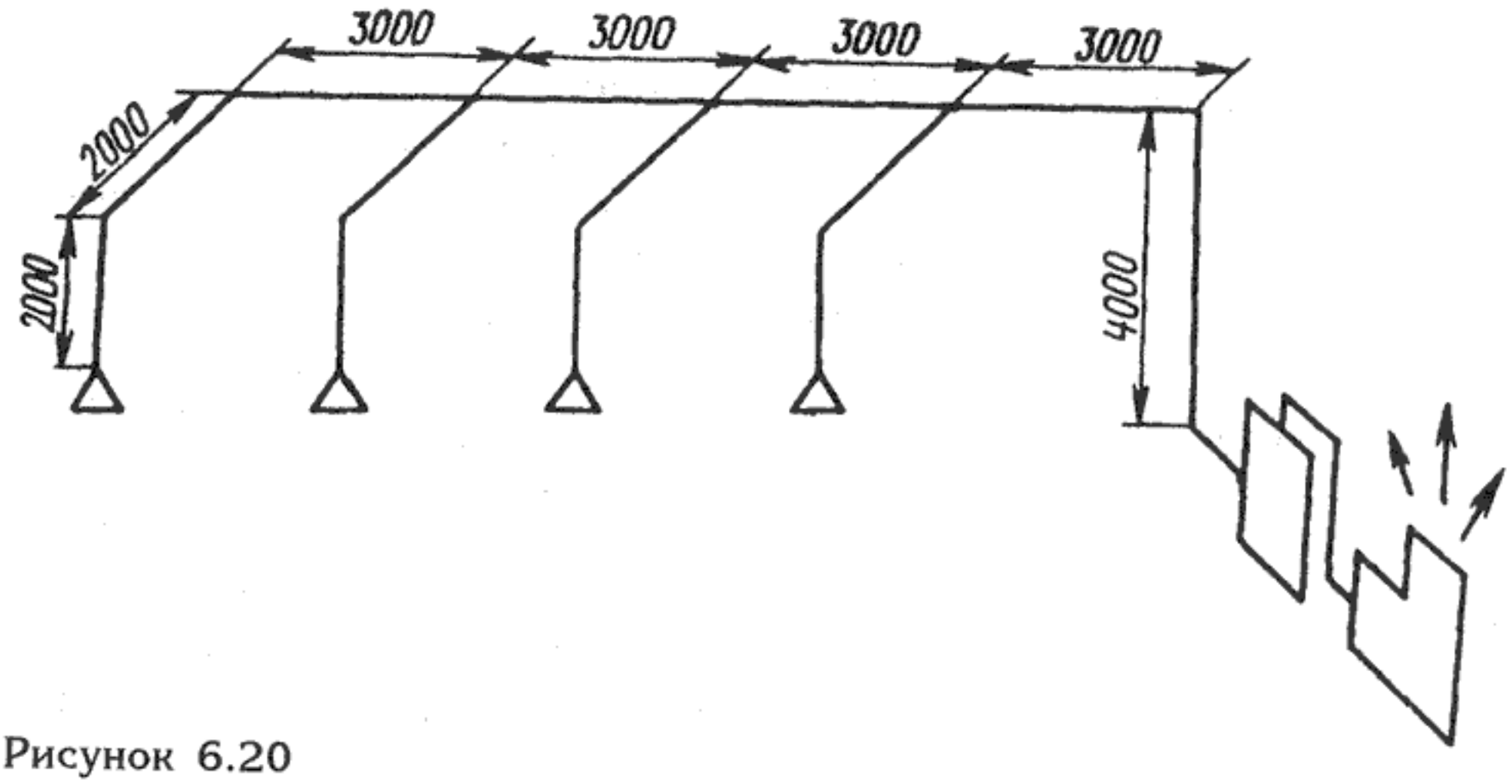


Рисунок 6.20
Схема вентиляційних мереж

Послідовні — це такі з'єднання, у яких кінець попереднього повітровода є початком наступного.

Паралельні — це такі з'єднання, у яких повітроводи розходяться в якомусь пункті А, а потім знову сходяться в іншому пункті Б. Залежно від місця розходження і з'єднання повітроводів розрізняють *відкриті паралельні прості з'єднання* і *відкриті паралельні складні з'єднання*. Закриті паралельні з'єднання застосовують рідко і тому ми їх тут не розглядатимемо.

Простим відкритим паралельним з'єднання буде в тому випадку, коли повітроводи розходяться в одному пункті А, а потім сполучаються з атмосферою. Складне відкрите паралельне з'єднання — це таке з'єднання, у якому повітроводи розходяться в кілька пунктів $A_1,\ldots, A_n$. Такі вентиляційні мережі застосовуються для провітрювання складально-зварювальних дільниць (рис. 6.20).

Комбіновані з'єднання являють собою комбінацію кількох складних паралельних з'єднань.

Прийнявши параметри вентиляційної мережі за маршрутом, що збігається з напрямком руху повітря як позитивні, а проти руху повітря — як негативні, основні закони руху повітря у вентиляційних мережах можна сформулювати таким чином.

Алгебраїчна сума витрат повітря для кожного вузла дорівнює нулю, тобто

$$\Sigma Q = 0. \qquad (6.23)$$

Для замкнутого контуру, що не включає джерела тяги, алгебраїчна сума втрат напору при русі повітря у повітроводах дорівнює нулю, тобто

$$\Sigma H = 0. \qquad (6.24)$$

Втрати напору при русі повітря між двома перерізами у вентиляційній мережі рівні незалежно від обраного маршруту (див. рис. 6.20), тобто

$$H_{1\text{-}5} = H_{2\text{-}5};\ H_{1\text{-}5\text{-}6\text{-}7} = H_{4\text{-}7}. \qquad (6.25)$$

Відносний розподіл повітря у повітропроводах не залежить від загальної кількості повітря Q_o, що проходить через вентиляційну мережу, і визначається лише параметрами повітроводів:

$$Q_в / Q_o = K_в, \qquad (6.26)$$

де $K_в$ — коефіцієнт, що залежить від параметрів повітроводів.

При зміні опору одного з повітроводів відносний розподіл повітря зміниться у всіх повітроводах.

При довільно заданих витратах повітря у повітроводах навіть з дотриманням формули (6.23) розраховані втрати напору між будь-якими двома перерізами вентиляційної мережі не дорівнюватимуть нулю, тобто

$$H_{1\text{-}5} - H_{2\text{-}5} = \Delta H, \qquad (6.27)$$

де ΔH — різниця (нев'язка) втрат напору.

Нев'язку можна усунути за допомогою регулювальних пристроїв. Регулювання може бути позитивним і негативним.

При позитивному регулюванні в повітроводі з великим опором встановлюються джерела напору (вентилятори, ежектори тощо) з режимами роботи $Q_в$ і ΔH. У такому випадку загальний опір вентиляційної мережі зменшується. Недоліками позитивного регулювання є складність підбору джерел напору з потрібними режимами роботи й ускладнення експлуатації мережі внаслідок збільшення загальної кількості устаткування.

При негативному регулюванні в повітроводі з меншими втратами напору встановлюється місцевий опір (засувка, шибер тощо). Унаслідок цього при $Q_в$ втрачатиметься напір ΔH. У такому випадку загальний опір вентиляційної мережі збільшується.

Нев'язки можна усунути шляхом підбору параметрів повітроводів (їх поперечного перерізу, конфігурації місцевих опорів і т. ін.). Наприклад, якщо в повітроводі великі втрати напору, то їх можна знизити, збільшуючи його поперечний переріз, зменшуючи шорсткість його стінок і т. ін.

§ 6.11. Розрахунок вентиляційних мереж

При розрахунку вентиляційних мереж вирішується одне з таких завдань:

1) визначення кількості повітря, що проходить через окремі повітроводи;
2) визначення параметрів регулювальних пристроїв, що забезпечать задану (необхідну для нас) кількість повітря, яке проходить через окремі повітроводи.

Щоб вирішити ці завдання, застосовують аеродинамічне й електричне моделювання, а також аналітичні розрахунки.

При аеродинамічному моделюванні вентиляційну мережу замінюють її моделлю, виконаною в певному масштабі. Метод дає гарні результати, однак він дуже трудомісткий і застосовується тільки при проведенні науково-дослідних робіт.

При електричному моделюванні вентиляційну мережу замінюють електричним аналогом, з огляду на подібність законів руху струму в електричних мережах (закони Кірхгофа) і повітря у вентиляційних мережах. Однак необхідно враховувати, що при русі струму в електричних колах немає місцевих втрат, які у вентиляційних мережах складають 50–90 % загальних втрат напору. Це основна причина, що утруднює електричне моделювання.

Розрахунок вентиляційних мереж виконується аналітичним шляхом. Оскільки загальні втрати напору при русі повітря по повітроводу:

$$H_в = H_{тр} + H_м + P_д, \qquad (6.28)$$

то, підставивши $H_{тр}$ і $H_м$ із формул (6.13), (6.14) і $P_д$ із виразу (5.1) у формулу (6.28), одержимо

$$H = \frac{\rho_в \lambda L_в}{2D} V_в^2 + \frac{\rho_в \xi}{2} V_в^2 + \frac{\rho_в}{2} V_в^2 = \left(\frac{\lambda L_в}{D} + \xi + 1 \right) \times \frac{\rho_в}{2} V_в^2 = R' V_в^2. \qquad (6.29)$$

Помноживши і розділивши формулу (6.29), одержимо вираз

$$H_в = \left(R' / S_в^2 \right) \times V_в^2 S_в^2 = R_в Q_в^2, \qquad (6.30)$$

так звану характеристику повітроводу, чи вентиляційної мережі.

З формули (6.30) визначаємо опір повітроводу:

$$R_в = (\lambda L_в / D + x + 1)(r_в / 2). \qquad (6.31)$$

При послідовному з'єднанні повітроводів їх загальний опір $R_0 = R_1 + \ldots + R_n$, де $R_1, \ldots, R_n$ — опір окремих повітроводів.

У простому паралельному з'єднанні втрати напору в окремих повітроводах рівні, а його загальний опір:

$$R_0 = \frac{1}{\sqrt{1/R_1} + \ldots + \sqrt{1/R_n}}. \qquad (6.32)$$

Якщо $R_1 = \ldots = R_n$, то

$$R_0 = R_n / n^2, \qquad (6.33)$$

де n — кількість паралельних повітроводів.

Наприклад, визначаючи кількість повітря, що проходить через повітроводи при його природному розподілі, для мережі, показаної на рис. 6.17, за формулою (6.31) обчислюють опір одного шланга, потім за формулою (6.33) — для вентиляційної мережі з n шлангів. Характеристики складних вентиляційних мереж визначають за формулою:

$$R_0 = R_n / n^2. \qquad (6.34)$$

Характеристику вентиляційної мережі наносять на аеродинамічну характеристику вентилятора. Точка перетину характеристик дасть *режим роботи вентилятора* (Q, H', η').

Кількість повітря, що проходить через один шланг за умови $R_1 = \ldots = R_n$, дорівнює $Q_ш = Q / n$.

Здійснюючи розрахунок паралельних відкритих складних і комбінованих з'єднань, застосовують метод вирівнювання втрат напору. Відповідно до формули (6.24) втрати напору в будь-якому замкнутому контурі дорівнюють нулю, а втрати напору між двома перерізами рівні між собою незалежно від обраного маршруту (див. рис. 6.20), тому:

$$\Sigma H_{1\text{-}5\text{-}2\text{-}1} = 0;\ \Sigma H_{1\text{-}5\text{-}6\text{-}3\text{-}1} = 0;$$
$$\Sigma H_{1\text{-}5} = \Sigma H_{2\text{-}5};\ \Sigma H_{1\text{-}5\text{-}6\text{-}7} = 0 = \Sigma H_{4\text{-}7}.$$

Якщо змінити витрати повітря хоча б в одному повітроводі, то це обов'язково приведе до зміни витрат повітря й у сусідніх повітроводах. При цьому якщо навіть у всіх вузлах повітроводів суми витрат повітря будуть дорівнювати нулю, то сума втрат напору в замкнутих контурах не буде дорівнювати нулю, тобто відповідно до формули (6.24) з'являються нев'язки ΔH, величини яких будуть визначатися ступенем відхилення прийнятих витрат повітря від їх природного розподілу. Нев'язки можна усунути шляхом перерозподілу повітря по повітроводах чи за допомогою регулювальних пристроїв. Визначаючи природний розподіл повітря у вентиляційній мережі, спочатку довільно з урахуванням формули (6.23) задають витрати повітря у повітроводах, потім за маршрутами визначають втрати напору, знаходять нев'язки (ΔH) та усувають їх, змінюючи витрати повітря.

Наприклад, для мережі, показаної на рис. 6.20, задаються витрати повітря у повітроводах 1-5, 2-5, 3-6, 4-8. Після цього визначають витрати повітря у повітроводах 5-6, 6-7 і 7-8, втрати напору на тертя за формулою (6.13) і місцеві втрати за формулою (6.14). Потім визначають загальні втрати напору в повітроводах 1-5 і 2-5, які повинні бути рівними. Якщо буде нев'язка (ΔH), то це значить, що витрати повітря були задані неправильно й у повітроводі з великими втратами витрачання повітря необхідно зменшити, а в іншому повітроводі — відповідно збільшити. Завдання можна вирішити методом підбору витрат повітря і поступового наближення.

Визначаючи величини параметрів регулювальних пристроїв, що забезпечують необхідний розподіл витрати повітря в повітроводах, задають параметри необхідного розподілу повітря в повітроводах з урахуванням формули (6.23), визначають нев'язки в замкнутих контурах та усувають їх за допомогою регулювальних пристроїв або підбору параметрів повітроводів.

Нижче наведено приклади розрахунків параметрів вентиляційної мережі для провітрювання каюти під час виконання фарбувальних робіт і ділянки цеху під час виконання зварювальних робіт.

Приклад 1. Визначити кількість гумотканинних шлангів діаметром 0,1 м і довжиною 20 м, які необхідно прокласти для провітрювання каюти вентилятором ВВД-9 при нанесенні ґрунту ФЛ-ОЗк щіткою, за умови, що продуктивність праці маляра — 10 $м^2$/год, а витрата ґрунту — 100 г/$м^2$ (див. рис. 6.17).

З розрахунку, наведеного в § 6.8, видно, що для створення нормальних умов праці в каюту необхідно подавати 4800 $м^3$/год повітря. На суднобудівних підприємствах для цього використовують вентиляційні установки, розроблені на базі відцентрових вентиляторів (ВВД-8, ВВД-9, ЦС та ін.). До вентилятора через колектор підключають кілька (п'ять–шість) гумотканинних шлангів. Така установка являє собою відкрите просте паралельне з'єднання.

Таблиця 6.4

Втрати напору у вентиляційній мережі (див. приклад 1)

Кількість повітря, що проходить через один шланг, $Q_ш$, м³/с	Кількість підключених до вентилятора шлангів *n*		
	7	10	17
1	2380	1170	400
2	900	4730	1600
3	–	–	3600

Опір одного шланга визначається за формулою (6.31). Припустивши, що $\lambda = 0{,}06$, $\xi = 1$ і $\rho_у = 1{,}2$ кг/м³, одержимо:

$$R_1 = \left(\frac{0{,}06 \times 20}{0{,}1} + 0{,}1 + 0{,}1\right) \times \frac{1{,}2}{2 \times 62 \times 10^{-6}} \approx 117000.$$

Опір вентиляційної мережі, що складається з кількох шлангів, визначається за формулою (6.33). Результати розрахунку втрат напору наведено в табл. 6.4.

Величини характеристик вентиляційних мереж нанесено на аеродинамічну характеристику вентилятора ВВД-9 (див. рис. 6.19). Аналіз рисунка показує, що при $N = 1700$ об./хв підключення до вентилятора менше шести шлангів є недоцільним через низький ККД.

Отже, максимальна кількість повітря, що проходить через один шланг, фіксуватиметься при максимальному ККД вентилятора й вентиляційної мережі, яка складається з 10 шлангів (табл. 6.5). Максимальна кількість шлангів, яку можна підключити до вентилятора, — 17. При цьому витрата повітря через один шланг зменшиться лише на 12 % і становитиме 760 м³/год.

Таблиця 6.5

Розрахунок характеристик вентилятора (до прикладу 1)

n	*h*	$Q_в$, м³/год	$Q_ш$, м³/год
6	0,45	3800	630
10	0,58	8500	850
17	0,49	13 000	760

Підключення до вентилятора більше ніж 17 шлангів різко знизить ККД вентилятора і витрати повітря через один шланг. Як правило, до вентилятора підключають 5–6 шлангів. Це приводить не тільки до зниження ККД, а й зменшує витрати повітря через один шланг. Якщо для провітрювання кають підключити до вентилятора оптимальну кількість шлангів ($n = 10$), то необхідно 4800 : 850 = 6 шлангів. Практично це зробити неможливо.

Відповідно до нормативних документів допускається зниження концентрації шкідливих речовин на робочих місцях до значень, при яких дозволяється робота в респіраторах. З табл. 5.6 видно, що для респіратора РУ-60 з патроном А за умови його використання протягом однієї зміни така концентрація для ксилолу й уайт-спіриту дорівнює 1000 мг/м^2. Підставивши це значення у формулу (6.19) для умов прикладу, наведеного в § 6.8, одержимо $Q_0 = 360$ м^3/год, тобто для вентиляції кають досить прокласти один шланг.

Приклад 2. Розрахувати систему місцевої вентиляції для чотирьох штатних зварювальних постів, обладнаних панелями конструкції Чернобережського (див. рис. 6.11, а). Мережа (див. рис. 6.20) являє собою відкрите складне паралельне з'єднання повітроводів діаметром 0,3 м. Щоб розрахувати її параметри, застосуємо метод вирівнювання втрат напору за формулами (6.20)–(6.23).

Розраховуючи параметри вентиляційної мережі, спочатку варто обґрунтувати необхідність її встановлення й параметри регулювальних пристроїв, загальний опір мережі і кількість повітря, необхідну для провітрювання. Після цього підбирається вентилятор і визначається режим його роботи.

Щоб створити нормальні умови праці на всіх робочих місцях, необхідно, щоб з кожного місця забиралося 1000 м^3/год повітря. Ця кількість повітря (див. рис. 6.20) повинна проходити через повітроводи 1-5, 2-5, 3-6 і 4-7. Отже, вони повинні ввійти в обрані маршрути втрат напору. Такими маршрутами є 1-5-6-7-8, 3-7-8 і 4-8.

Задаючи кількість повітря, визначаємо швидкість його переміщення у повітроводах: $V_{1\text{-}5} = V_{2\text{-}5} = V_{3\text{-}6} = V_{4\text{-}8} = 3{,}9$ м/с, $V_{5\text{-}6} = 7{,}8$ м/с, $V_{6\text{-}7} = 11{,}7$ м/с, $V_{7\text{-}8} = 15{,}6$ м/с. Для металевих повітроводів коефіцієнт $\lambda = 0{,}03$. Припустимо, що $\rho_в = 1{,}2$ кг/м^3, тоді втрати напору на тертя за формулою (6.6) дорівнюватимуть

$$H_{1-5} = \frac{1{,}2 \cdot 0{,}03 \cdot 7}{2 \cdot 0{,}3} \cdot 3{,}9^2 = 2 \text{ Па}; \; H_{5-6} = \frac{1{,}2 \cdot 0{,}03 \cdot 3}{2 \cdot 0{,}3} \cdot 7{,}8^2 = 3{,}3 \text{ Па};$$

$$H_{6-7} = \frac{1{,}2 \cdot 0{,}03 \cdot 3}{2 \cdot 0{,}3} \cdot 11{,}7^2 = 6 \text{ Па}; \; H_{7-8} = \frac{1{,}2 \cdot 0{,}03 \cdot 7}{2 \cdot 0{,}3} \cdot 15{,}6^2 = 28 \text{ Па};$$

$$H_{4-7} = \frac{1{,}2 \cdot 0{,}03 \cdot 4}{2 \cdot 0{,}3} \cdot 3{,}9^2 = 2{,}5 \text{ Па}.$$

Знехтувавши взаємним впливом місцевих опорів ($L_в$ / D > 10), визначимо місцеві втрати за формулою (6.7). Застосуємо до панелі Чернобережського коефіцієнт ξ = 1,5. Для повороту потоку під кутом 90° ξ = 1,2, при злитті потоків:

- у вузлі 5 $Q_б$ / $Q_с$ = 0,5, $\xi_п$ = 0,53, $\xi_б$ = 1,85;
- у вузлі 6 $Q_б$ / $Q_с$ = 0,33, $\xi_п$ = 0,40, $\xi_б$ = 1;
- у вузлі 7 $Q_б$ / $Q_с$ = 0,25, $\xi_п$ = 0,32, $\xi_б$ = 2,5 (див. рис. 6.20).

Тоді місцеві втрати дорівнюватимуть:

- на вході потоку в панель: $H_в = \frac{1,2 \cdot 1,5}{2} \cdot 3,9^2 \approx 10,3$ Па;
- у першому і другому поворотах потоку під кутом 90°: $H_{к1} = \frac{1,2 \cdot 1,2}{2} \cdot 3,9^2 \approx 8,2$ Па;
- у третьому і четвертому поворотах потоку під кутом 90°:

$$H_{к2} = \frac{1,2 \cdot 1,2}{2} \cdot 15,9^2 \approx 178 \text{ Па};$$

- для прямого проходу у вузлах 5, 6, 7: $H_{п5} = \frac{1,2 \cdot 0,53}{2} \cdot 3,9^2 \approx 3,6$ Па;

$$H_{п6} = \frac{1,2 \cdot 0,4}{2} \cdot 3,9^2 \approx 2,7 \text{ Па}; \; H_{п7} = \frac{1,2 \cdot 0,32}{2} \cdot 3,9^2 \approx 2,4 \text{ Па};$$

- для бічного проходу у вузлі 7: $H_6 = \frac{1,2 \cdot (-2,5)}{2} \cdot 3,9^2 \approx -17,3$ Па.

Визначимо параметри регулювального пристрою для повітроводів 1-5 і 4-7. Для цього необхідно визначити нев'язки втрат напору між цими повітроводами. Втрати напору на маршруті 1-5-6-7-8 дорівнюватимуть

$$H_{1\text{-}5\text{-}6\text{-}7\text{-}8} = 2 + 3,3 + 6 + 28 + 10,3 + 2 \cdot 8,2 + 3,6 + 2,7 + 2,4 + 2 \cdot 178 \approx 430 \text{ Па},$$

для повітроводів

$$H_{4\text{-}7\text{-}8} = 2,57 + (-17,3) + 2 + 2 \cdot 178 \approx 333 \text{ Па}.$$

Нев'язка втрат напору між входами повітря в мережу і перерізом 8 ΔH = = 430 – 333 ≈ 100 Па.

Щоб вирівняти втрати напору, вдамося до негативного методу регулювання. Для цього використаємо діафрагму, яку необхідно встановити в повітроводі 4-7.

Параметри діафрагми визначимо в такий спосіб. Для розрахованих втрат напору (100 Па) необхідно, щоб коефіцієнт діафрагми ξ дорівнював

$$\xi = \frac{100}{\left(1{,}2 \times 3{,}9^2\right)/2} = 10{,}9 .$$

Таке значення коефіцієнта ξ матимемо при співвідношенні площ отвору в діафрагмі і повітроводу 0,38 (див. § 3.8). Тоді діаметр отвору в діафрагмі $d_{отв} = 0{,}38\ D = 0{,}11$ м. Концентрацію пилу у викидах вентиляційної мережі визначимо в такий спосіб. Розрахунки (див. § 6.8) показали, що під час зварювання основну небезпеку становить пил. Якщо одночасно працюють 4 зварники, його загальна кількість сягатиме 28 000 · 4 = 112 000 мг/с, загальна ж кількість повітря від 4 зварювальних постів дорівнюватиме 1000 · 4 = 4000 м^3/год. Тоді концентрація пилу в промислових викидах становитиме 112 000 / 4000 = 28 мг/м^3, що допустимо для промислових викидів. Отже, очисне устаткування для мережі не передбачаємо.

Загальний опір вентиляційної мережі за формулою (6.32) $R = 430 / 1{,}22 = 358$.

Наносимо характеристику вентиляційної мережі на зведений графік аеродинамічних характеристик вентиляторів (див. рис. 6.17), з якого випливає, що задані умови задовольняє вентилятор Ц4-70 № 4 при $N = 1460$ об./хв і $\eta = 0{,}73$.

§ 6.12. Опалення виробничих цехів

Під час роботи більшості устаткування (електричного, нагрівального і т. ін.) значна частина підведеної до нього енергії перетворюється в теплоту, що надходить у будівлю. У теплий період року це приводить до значного підвищення температури повітря в приміщенні порівняно з допустимою за метеорологічними умовами. У холодний і перехідний періоди року внаслідок низької температури зовнішнього повітря будівля через огородження (стіни й особливо світлові прорізи) втрачає значну кількість теплоти. Втрати теплоти пов'язані також із нагріванням повітря, що надходить у будівлю ззовні, матеріалів тощо. Теплові втрати частково відшкодовуються за рахунок теплоти, що утворюється під час роботи устаткування. Однак цього недостатньо для підтримування температури в необхідних межах.

Створити нормальний мікроклімат у цехах підприємств можна, застосувавши комплекс заходів, спрямованих на обмеження надходження в будівлю холодного повітря (повітряно-теплові завіси), відшкодувавши втрати теплоти (вентиляційно-опалювальні агрегати) тощо.

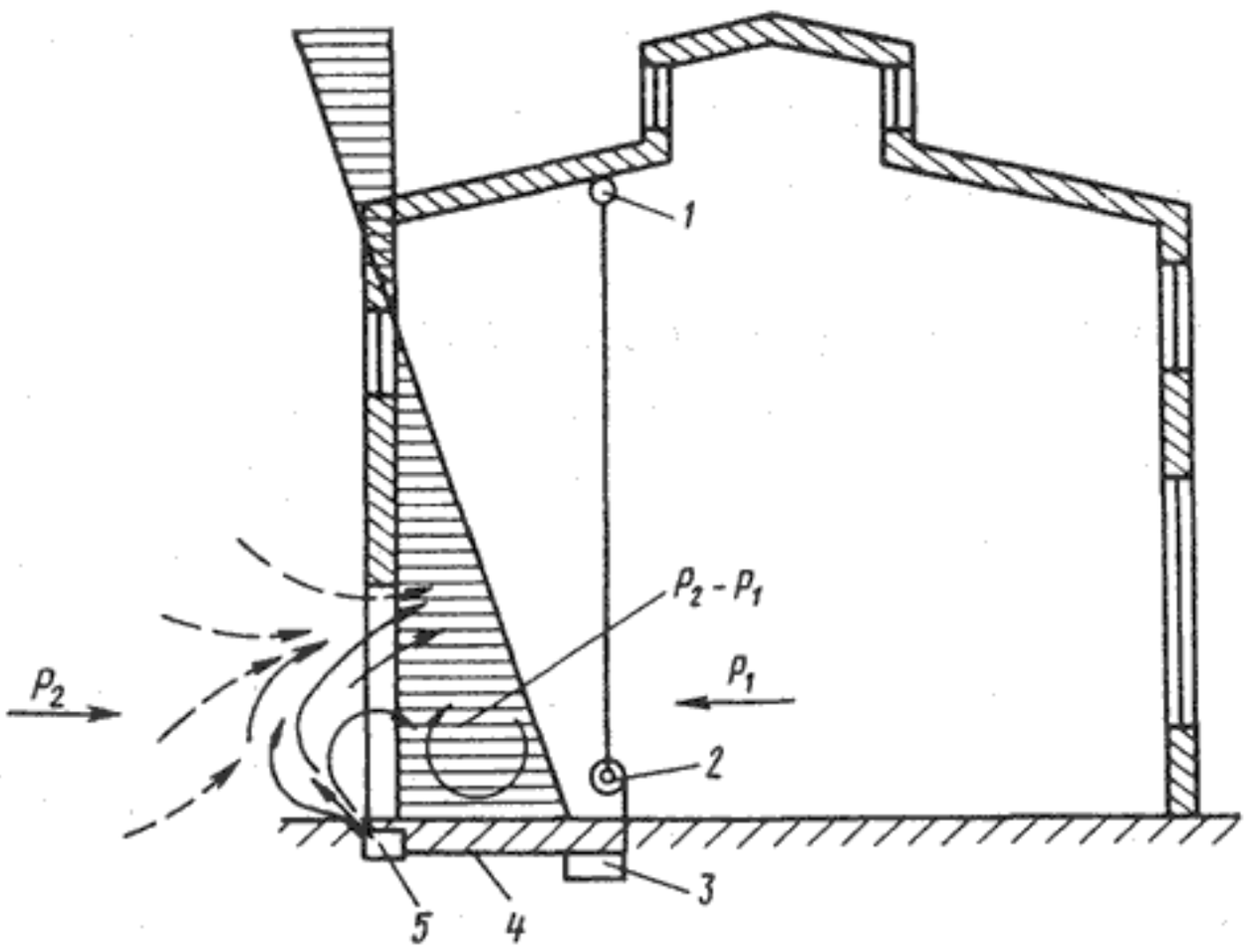


Рисунок 6.21
Схема повітряно-теплової завіси: 1 – повітрозабірний пристрій; 2 – вентилятор; 3 – калорифер; 4 – повітроводи; 5 – повітровипускальний пристрій

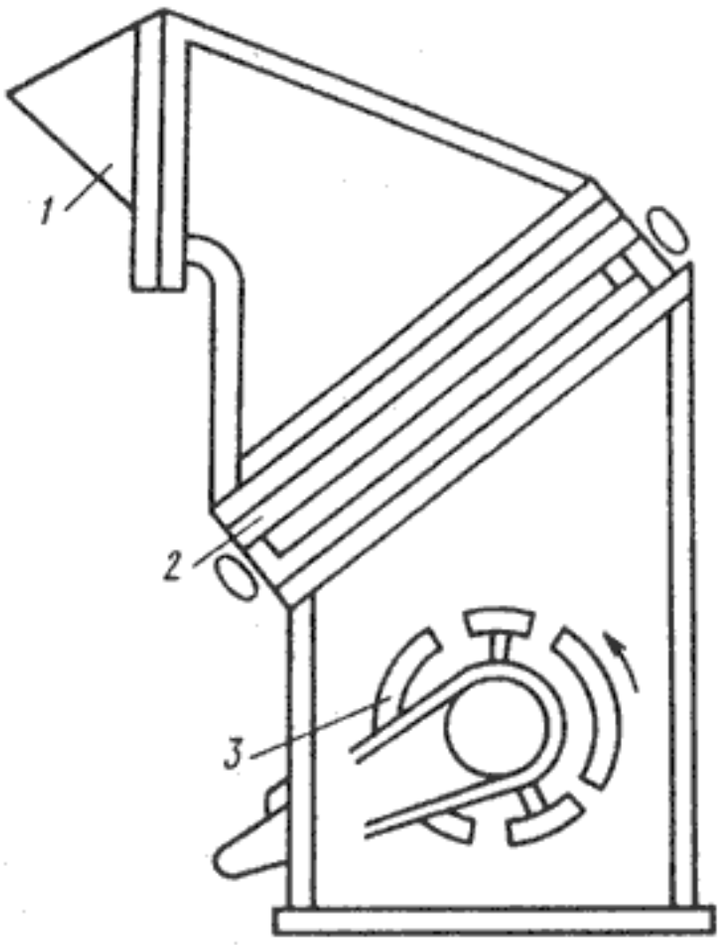


Рисунок 6.22
Повітряно-опалювальний агрегат СТД-300М: 1 – повітровипускальний пристрій; 2 – калорифер; 3 – осьовий вентилятор

Повітряно-опалювальні завіси доцільно використовувати у випадку, коли ворота будівлі відкриваються більш як п'ять разів за зміну не менше ніж на 40 хв за відсутності тамбурів і шлюзів для проходу людей у зонах з температурою зовнішнього повітря –15 °С, а також якщо існує техніко-економічне обґрунтування доцільності їх застосування.

Принцип дії повітряно-теплової завіси такий (рис. 6.21). Повітрозабірний пристрій *1* забирає повітря з верхньої зони будівлі, а вентилятор *2* подає його в калорифер *3* для підігріву до необхідної температури. Потім по повітроводах *4* повітря потрапляє у повітровипускний пристрій *5*. Він являє собою повітровід рівномірної роздачі, який звужується до кінця й розміщується горизонтально в нижній частині прорізу, який потребує захисту, чи вертикально з його боків. У бічних завісах повітровипускні пристрої можуть мати і постійний переріз. У цьому випадку в їхній нижній частині кількість повітря, що виходить, буде більшою, ніж у верхній. Вільний припливний струмінь, що утворюється при випусканні повітря через повітровипускний пристрій, створює повітряну завісу, що перешкоджає потраплянню холодного повітря в будівлю. Температура повітря, яке подається повітряно-тепловими завісами, не повинна перевищува-

ти +50 °С за умови встановлення їх біля зовнішніх дверей і +70 °С — біля воріт і технологічних прорізів. Швидкість руху повітря на виході з повітряно-теплових завіс, встановлених біля дверей, не повинна перевищувати 8 м/с і біля воріт — 25 м/с.

Повітряно-опалювальний агрегат СТД-300М (рис. 6.22) складається з повітровипускного пристрою, калорифера, осьового вентилятора і повітрозабірного пристрою. Агрегат призначений тільки для того, щоб відшкодувати втрати теплоти будівлею, тому він забирає повітря з будівлі, підігріває його до необхідної температури й подає назад.

Розраховуючи опалювальні пристрої, визначають кількість теплоти, необхідну для нагрівання повітря, що подається в приміщення, і величини параметрів пристроїв, які забезпечують передавання цієї теплоти повітрю.

Кількість теплоти, необхідна для нагрівання повітря, що подається в будинок:

$$W = Q_3 (t_к - t_н),$$

де Q_3 — кількість повітря, що подається в будинок, м^3/год.

Розраховуючи параметри калорифера, визначають необхідну площу тепловідвідних поверхонь, їх тип і кількість.

Площа тепловіддавальної поверхні калорифера $S_т = 0{,}28W / [K_k(t_{ст} - t_{сер})]$. Середня температура теплоносія для водяних калориферів визначається як середня температура води на вході і виході з калорифера, для парових калориферів — як температура насичення пари при заданому тиску.

Вентиляційно-опалювальний агрегат відрізняється від повітряного опалювального агрегату тільки більшою потужністю вентилятора, який повинен створювати такий напір, щоб можна було подавати повітря по повітроводах у вентильовані приміщення.

В усіх розглянутих пристроях передавання теплоти від теплоносія на нагрівання повітря відбувається в *калориферах.* Залежно від теплоносія калорифери можуть бути водяними, паровими й електричними. Останнім часом широко застосовуються й інші електричні пристрої: інфрачервоні випромінювачі різних конструкцій; панелі, усередині яких знаходяться нагрівальні елементи; нагрівальні гумові і пластмасові килимки тощо. У пожежобезпечних цехах і приміщеннях можна застосовувати інфрачервоні газові випромінювачі. У табл. 6.6 дано основні технічні характеристики пальників інфрачервоного випромінювання.

Аналогічно визначається середня температура нагрітого повітря, що є середньоарифметичним значенням температур зовнішнього повітря і повітря на виході з калорифера.

Таблиця 6.6

Основні технічні характеристики пальників інфрачервоного випромінювання (теплотворна здатність газу 35 000 кДж/м^3)

Тип пальника	Теплове навантаження, 10^3 к Дж/год		Витрати газу, м^3/год	
	мінімальне	максимальне	мінімальне	максимальне
«Звездочка»	6,3	11	0,18	0,32
ВИГ-1	10	19	0,28	0,53
ГИИВ-2	20	38	0,56	1,06
ГИИ-19А	27	27	0,75	0,75

§ 6.13. Створення і розрахунок природної вентиляції

Відповідно до санітарних правил природною вентиляцією обладнуються приміщення з надлишковою кількістю теплоти — понад 30 ккал/(год·м^3). В інших приміщеннях рекомендована природна вентиляція.

Передбачається, що повітря в будівлю надходитиме через вентиляційні прорізи (рис. 6.23). Їх нижня межа в теплий період повинна розташовуватися на рівні не вище 1,8 м, а в холодний — на рівні не нижче 4 м.

Це пояснюється тим, що повітря, яке надходить усередину, утворює в будівлі вільний припливний струмінь. У теплий період його температура несуттєво відрізняється від температури повітря в будівлі. Крім того, температура повітря в струмені різко підвищується за рахунок припливу повітря з будівлі. Тому якщо повітря надходить безпосередньо на робочі місця, то до переохолодження організму людини це не призводить, а отже, застудних захворювань не буде. Зниження висоти розташування вентиляційних прорізів зумовлює зростання $L_н$, а отже, і збільшення теплового напору, тому в будівлю, відповідно, надходить більше повітря.

У холодний період температура зовнішнього повітря становить не менш як –5…–10 °С. Подача такого повітря на робочі місця відразу призводить до переохолодження організму працівника, а отже, і до застудних захворювань. Дослідження показали, що достатньо підняти вентиляційний проріз на висоту 4 м, щоб температура припливного струменя за рахунок надходження теплого повітря з будівлі піднялася до 5…8 °С. Цього достатньо, щоб запобігти застудним захворюванням.

Рисунок 6.23
Схема розміщення вентиляційних прорізів у будівлі

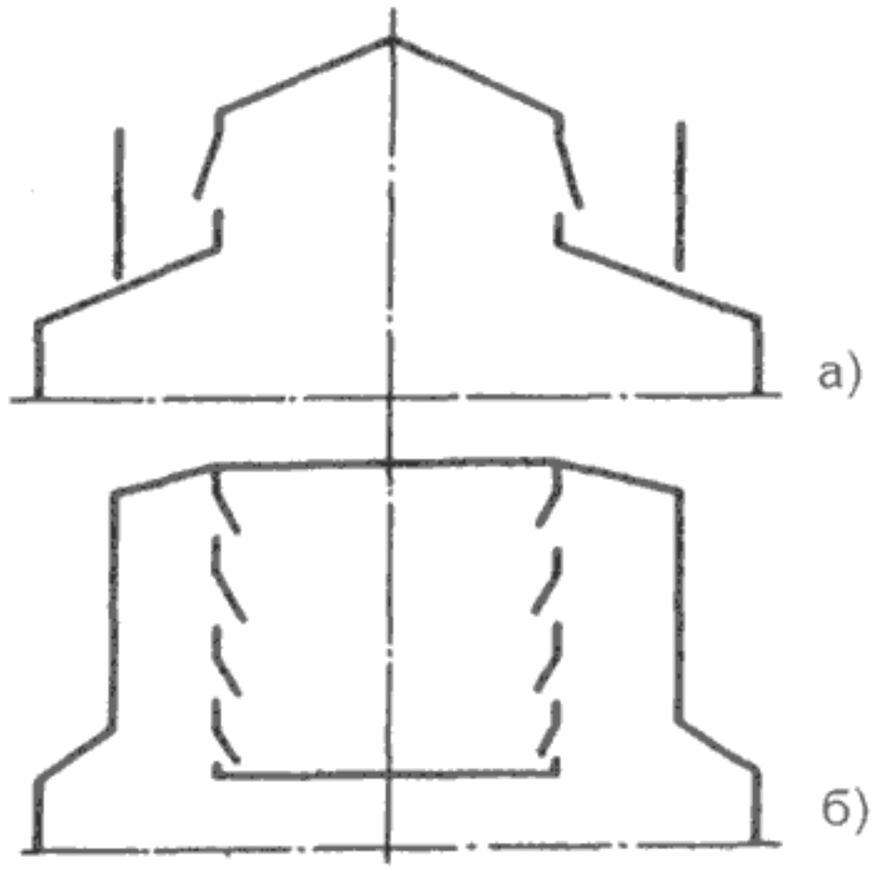


Рисунок 6.24
Типи вентиляційних ліхтарів: а – П-подібний (задувний); б – незадувний

Повітря з будівлі видаляється через вентиляційні прорізи, розташовані на рівні підкранових балок, або вентиляційні ліхтарі. Застосовуються ліхтарі задувні П-подібні й незадувні (рис. 6.24). Задувні ліхтарі обладнуються вітровідбивними щитами, які встановлюють на відстані не менше 1,5 висоти щитів засклені частини ліхтаря. Ширина ліхтаря повинна бути не меншою за 0,5 ширини будівлі.

Мета розрахунку природної вентиляції — визначення площі вентиляційних прорізів, які забезпечували б надходження в приміщення необхідної кількості повітря. Джерелами тяги при природній вентиляції є вітровий і тепловий напори.

Вітровий напір виникає в результаті дії вітру на будівлю й визначається за формулою:

$$H_в = K'_в V^2_в \rho_в / 2,$$

де $K'_в$ — вітровий коефіцієнт;
$V_в$ — швидкість вітру, м/с.

Величина коефіцієнта $K'_в$ залежить від напряму вітру стосовно будинку. Середнє значення коефіцієнта $K'_в$ можна прийняти для таких умов: при напрямі вітру, перпендикулярному до осі будівлі з боку дії вітру, $K'_в = 0{,}8$; з протилежного боку $-K'_в = -0{,}8$. Більш точні величини можна відшукати в спеціальній літературі. Відповідно до санітарних норм, розраховуючи площі вентиляційних прорізів, вітровий напір не враховується.

Тепловий напір утворюється через різні температури, а отже, і неоднакові питомі маси зовнішнього повітря й повітря в приміщенні.

Розраховуючи тепловий напір, припускають, що питома маса повітря в усьому об'ємі приміщення постійна і зміна тиску з висотою підпорядковується лінійному закону, тобто

$$P = \rho_в L, \qquad (6.35)$$

де L — висота стовпа повітря, м.

Коли визначати $\rho_в$ і L за формулою (6.35), можна зіткнутися з певними труднощами.

Уникнути їх, розраховуючи параметри природної вентиляції, можна в такий спосіб. Рух повітря через вентиляційний проріз можливий за умови існування різних тисків у площині прорізів будівлі й поза нею. Щоб спростити визначення тиску, вводять поняття нейтральної площини, чи площини рівного тиску (рис. 6.25).

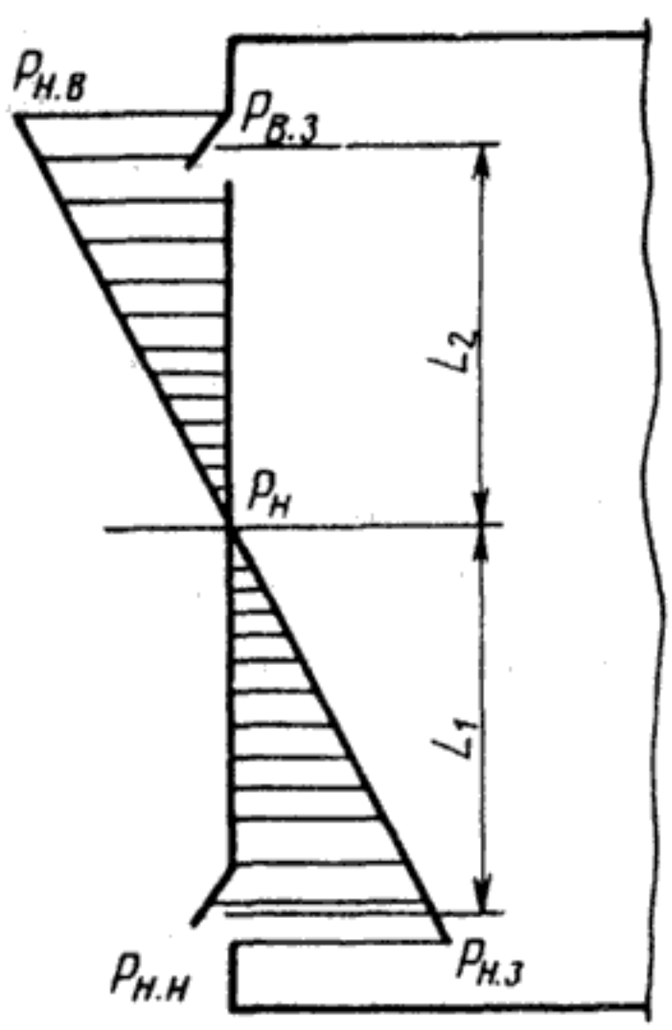


Рисунок 6.25
Схема до визначення розподілу тиску при природній вентиляції

Нехай тиск на цій площині дорівнює $P_н$. Тоді тиск на осі нижнього вентиляційного прорізу поза будівлею

$$P_{нн} = P_н - \rho_н L_н, \qquad (6.36)$$

де $L_н$ — відстань між площиною рівного тиску і віссю нижнього вентиляційного прорізу, м.

Аналогічно визначаємо і тиск у цій площині в будівлі:

$$P_{нз} = P_н + \rho_з L_н. \qquad (6.37)$$

Різниця цих тисків називається тепловим напором і визначається за формулою:

$$H_т = P_{нз} - P_{нн}. \qquad (6.38)$$

Підставляючи P за формулами (6.36) і (6.37) у формулу (6.38), у результаті нескладних перетворень одержимо:

$$H'_т = P_{нз} - P_{нн} = -L_н(\rho_н - \rho_з). \qquad (6.39)$$

Аналогічно визначається тиск на осі верхніх вентиляційних прорізів:

$$H''_т = P_{вз} - P_{вн} = -L_в(\rho_н - \rho_з). \qquad (6.40)$$

де $L_в$ — відстань між площиною рівного тиску й віссю верхнього вентиляційного прорізу, м.

З формул (6.36) і (6.37) видно, що тепловий напір визначається різницею питомої ваги повітря — поза приміщенням і в приміщенні. При цьому у верхніх і нижніх прорізах він має протилежні значення. Отже, існує площина, на якій $H_т = 0$. Вона так і називається — нейтральною. Практика підтверджує, що через нижні прорізи повітря надходить у будівлю, а через верхні — видаляється.

При розрахунках припускають, що тепловий напір повністю витрачається на створення швидкісного напору у вентиляційних прорізах, тобто втратами напору на тертя під час руху повітря через вентиляційні прорізи нехтують — через те, що це дуже малі величини. Тоді

$$H_т = P_д = \rho_н V^2 / 2, \qquad (6.41)$$

де V — швидкість руху повітря у відповідному вентиляційному прорізі.

Підставивши значення $H_т$ з формули (6.40) у формулу (6.41), у результаті нескладних перетворень визначимо швидкість руху повітря в нижніх вентиляційних прорізах:

$$V_н = \sqrt{\frac{2L_н(\rho_н - \rho_з)}{\rho_н}}. \qquad (6.42)$$

Аналогічно для верхніх прорізів

$$V_в = \sqrt{\frac{2L_в(\rho_н - \rho_з)}{\rho_з}}. \qquad (6.43)$$

Площа поперечних перерізів вентиляційних прорізів

$$S = Q_{об} / (0{,}62\ V \sin \alpha)\ , \qquad (6.44)$$

де α — кут між вертикальною площиною і стулкою вентиляційного прорізу.

Використовуючи для розрахунків формули (6.42), (6.43), доводиться стикатися з труднощами, які виникають при визначенні положення нейтральної площини. Якщо площі нижніх і верхніх вентиляційних прорізів однакові, то $L_н = L_в$; якщо ж вони різні, то розташування нейтральної площини визначають за допомогою графоаналітичного методу, який наводиться в спеціальній літературі.

Контрольні запитання

1. *У чому принципова відмінність розрахунку кількості повітря, необхідного для загальнообмінної вентиляції, при електрозварювальних і фарбувальних роботах?*
2. *Чому за допомогою загальнообмінної вентиляції неможливо створити нормальні умови праці при електрозварювальних роботах?*
3. *Як підвищити коефіцієнт ефективності витяжної загальнообмінної вентиляції?*
4. *Чому не допускається використання вітрового напору для облаштування природної вентиляції?*
5. *У чому відмінність природної вентиляції від протягу?*
6. *Яка частка місцевих втрат у загальних втратах напору у вентиляційних мережах?*
7. *Яка принципова відмінність структури потоку при різних швидкостях його руху?*
8. *Як визначити середню швидкість руху повітря в поперечному перерізі повітроводу?*
9. *Як виникають місцеві втрати напору?*
10. *У чому відмінність місцевої і загальнообмінної вентиляції?*
11. *Чим відрізняються повітряний душ від приточної місцевої вентиляції?*
12. *Яка роль вільних струменів в облаштуванні вентиляції?*

13. *Як визначити кількість повітря, яку може забрати (подати) в будівлю вентилятор?*
14. *Чому без регулювальних пристроїв неможливо створити високоефективну вентиляцію?*
15. *Які завдання вирішуються при розрахунку систем вентиляції?*

Розділ 7
ВИРОБНИЧЕ ОСВІТЛЕННЯ

§ 7.1. Стан освітленості промислових приміщень і будівель

Освітленість цехів і приміщень підприємств нерідко в півтора–два рази нижче від норм, що допускаються будівельними нормами і правилами (СНіП II-4-79). Основними причинами цього є несвоєчасна реконструкція систем освітлення й порушення правил їх експлуатації.

Нині світлотехніка переживає період інтенсивного розвитку. Особливо це стосується джерел штучного світла. Протягом останніх 15–20 років створено нові типи газорозрядних ламп, що мають велику світлову віддачу. Це дало можливість систематично переглядати й збільшувати норми освітленості. Наприклад, у СНіП II-В.6-58 для загального освітлення газорозрядними лампами робіт першого розряду підгрупи Г встановлювалися норми освітленості 750 лк, у СНіП II-А.9-71 — 1250 лк, а в СНіП II-4-79 — 1500 лк. Зміни нормованої освітленості вимагають періодичної реконструкції систем освітлення, що, однак, не завжди можливо.

Основним порушенням правил експлуатації систем природного і штучного освітлення є недотримання термінів очищення світлових прорізів і світильників від пилу, кіптяви й інших забруднень.

§ 7.2. Основні світлотехнічні характеристики

Будь-яке фізичне тіло, що має температуру вищу за температуру навколишнього середовища, випромінює енергію, яка називається променистою. Джерелом такої енергії є рух електронів навколо ядра.

Розрізняють постійну траєкторію руху, що відповідає нормальній енергії електронів, і траєкторії, по яких електрони обертаються при збільшенні їхньої енергії. Перехід електронів з однієї траєкторії руху на іншу в електричному полі ядра супроводжується виникненням змінного електромагнітного збурення й випромінюванням порції енергії, яку називають *квантом енергії, або фотоном.*

Потужність випромінювання енергії за одиницю часу у світлотехніці називається *променистим потоком*, величина якого дорівнює $F' = W / t$, де W — потужність енергії випромінювання; t — час випромінювання.

Залежно від довжини хвилі енергії випромінювання розрізняють радіохвилі, електромагнітні коливання оптичної області спектра і т. ін. *Випромінювання оптичної області спектра* використовується для створення штучного освітлення. Наука, що вивчає генерування електромагнітних коливань оптичної області спектра, їх розподіл і перерозподіл у просторі, називається ***світлотехнікою***.

Зустрічаючи на шляху поширення перешкоди, енергія випромінювання частково поглинається ними й перетворюється в інші види енергії (електричну, хімічну тощо). При цьому частина енергії випромінювання перетворюється в теплову. Перешкоди, які зумовлюють перетворення променистої енергії в інші види енергії, називаються *приймачами променистої енергії.* Більшість приймачів теплову енергію не використовують, тому для них вона є втраченою. Променистий потік, перетворений приймачем у корисну енергію, називається *ефективним потоком.*

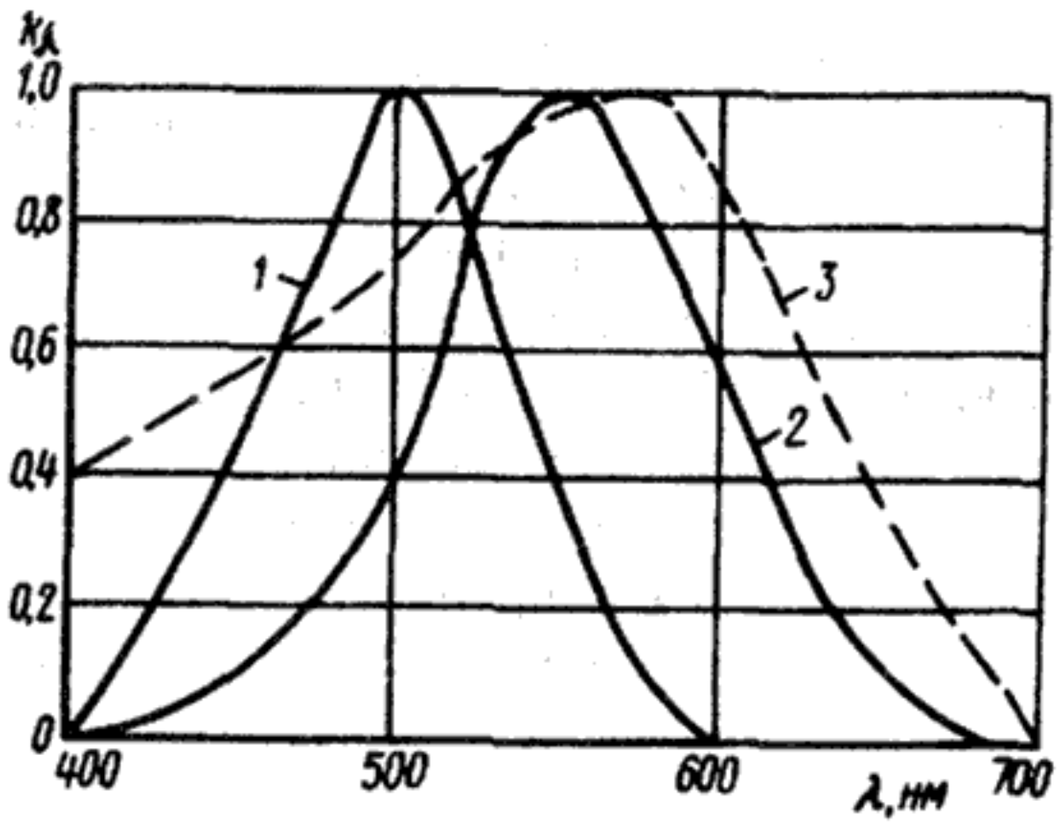


Рисунок 7.1
Залежність відносної чутливості приймачів від довжини хвилі: 1 – зорового апарату людини вдень; 2 – вночі; 3 – селенового фотоелемента

Усі приймачі променистої енергії характеризуються *чутливістю.* Абсолютну чутливість приймача виміряти досить складно. У світлотехніці використовують відносну спектральну чутливість, яка характеризується коефіцієнтом

$$k_\lambda = F_\lambda / F'_\lambda, \qquad (7.1)$$

де F_λ — ефективний променистий потік з довжиною хвилі λ;

F'_λ — падаючий променистий потік з такою ж довжиною хвилі.

У природі існує багато приймачів, спектральна чутливість яких лежить у різних частинах оптичної області спектра (рис. 7.1). Приймачі можуть бути

фізичними (фотоелементи, люмінофори і т. ін.) і біологічними (зоровий апарат, зелене листя рослин тощо).

Залежно від впливу електромагнітних коливань на зоровий апарат людини оптична область спектра поділяється на три частини:

1) ***інфрачервону***, що охоплює коливання з довжинами хвиль 1 000 000–780 нм; їх зоровий апарат людини не сприймає;
2) ***видиму***, що охоплює коливання з довжинами хвиль 780–380 нм; спричинює відчуття світла;
3) ***ультрафіолетову***, що охоплює коливання з довжинами хвиль 380–10 нм; такі коливання зоровий апарат не сприймає.

Отже, зоровий апарат людини сприймає променисту енергію тільки в дуже невеликому діапазоні довжини хвиль — від 380 до 780 нм. При цьому максимальну чутливість він має при коливаннях з довжиною хвилі 555 нм. Цю чутливість взято за одиницю.

Чутливість ока до променистого потоку вдень і вночі неоднакова. Променистий потік сприймають нервові клітини ока, що поділяються на дві групи: колбочки і палички. У паличках міститься дуже чутлива до променистого потоку речовина — родопсин. Тому паличковий апарат працює при невеликій освітленості і називається нічним. У колбочках міститься менш чутлива речовина — йодопсин. Тому колбочковый апарат працює вдень.

Променистий потік, поглинутий колбочковим і паличковим апаратами, перетворюється на біоструми, які через нервові волокна впливають на головний мозок, викликаючи відчуття світла. Величина таких сигналів перебуває в певних межах. Сприйняттю оком світлового потоку у значних межах, обумовлених природними умовами, допомагає властивість саморегулювання, що виявляється у звуженні зіниці і зниженні чутливості ока до світлового потоку.

Процес саморегулювання, або пристосування до світлового потоку, зорового апарату називається ***адаптацією***. Розрізняється *темнова* і *світлова адаптація*. При темновій адаптації світлова чутливість ока збільшується. Така адаптація проявляється при переході від великої освітленості до меншої і триває 30–60 хв. Світлова адаптація — це процес зменшення чутливості ока при підвищенні освітленості. Він триває 2–10 хв.

Процес адаптації особливо відчутний при вході чи виході з будинку в літній сонячний день. Так, при вході в будинок навіть за умови гарного внутрішнього освітлення воно здається набагато слабкішим і необхідний певний час, щоб звикнути до нової освітленості. Аналогічна, але ще більш різка картина спостерігається при виході з будинку. Велика кількість сонячного світла нібито засліплює очі.

Паличковий апарат нечутливий до спектрального складу променистого потоку, тому вночі все здається сірим. Колбочковый апарат розрізняє частоту коливань енергії випромінювання. У сітчастій оболонці очей є колбочки трьох видів. Кожна з них реагує на певну довжину хвиль, що викликає відчуття одного кольору. В оці є колбочки, що реагують на червоний, зелений і синій кольори. Проміжні кольори виникають при реагуванні колбочок різного виду у певній пропорції.

Вирішуючи практичні питання світлотехніки, використовувати променистий потік не зовсім зручно, тому що необхідно вказувати його спектральний склад і коефіцієнти відносної чутливості. Тому у світлотехніці променистий потік характеризується параметрами, величини яких визначаються з урахуванням відчуттів, яких зазнають очі. Одним з таких параметрів є світловий потік.

Відповідно до рішення Міжнародної комісії з освітленості ***світловим потоком F*** називають частину променистого потоку, що викликає світлові відчуття, величина якого визначається за відносною видністю для адаптованого до світла ока. За одиницю світлового потоку прийнято люмен (лм), який дорівнює випромінюванню абсолютно чорного тіла площею 0,5046 мм^2 при температурі затвердднення платини (2046 °К). Однорідний променистий потік з довжиною хвилі λ = = 555 нм (К = 1) потужністю 1 Вт створює світловий потік величиною 680 лм. При інших значеннях λ світловий потік однорідного випромінювання $F = 680\ K_\lambda F_\lambda$.

Точкове джерело світла посилає світловий потік у простір у різних напрямках. Тому величина світлового потоку не є повною характеристикою джерела світла. Для практичних цілей необхідно також знати і просторовий розподіл світла.

Уявімо собі точкове джерело світла, яке рівномірно випромінює світловий потік у всіх напрямках. Тоді його величина в тілесному куті, вершина якого збігається з джерелом світла, буде постійною. Ця величина називається ***силою світла.*** Одиниця її вимірювання — кандела (кд). Силу світла визначають за формулою:

$$I_c = F_c / \omega, \qquad (7.2)$$

де F_c — світловий потік світильника в тілесному куті ω.

Реальні джерела світла відрізняються від точкових тим, що розподіл сили їхнього світла в просторі нерівномірний. Щоб дістати характеристику реальних джерел світла, за результатами експериментальних вимірювань будують криві світлорозподілу. За напрямок сили світла приймають вісь тілесного кута, що має задані розміри.

Щоб визначити величину світлового потоку, яка припадає на поверхню, послуговуються поняттям поверхневої щільності світлового потоку, що дістала назву ***освітленості***. Освітленість вимірюється в люксах (лк) і визначається за формулою:

$$E = F_c / S_o, \qquad (7.3)$$

де S_o — освітлювана площа, м^2.

Око людини сприймає освітленість у великих межах — до 200 тис. лк. Однак одночасно воно може сприймати освітленість об'єктів тільки у вузькому діапазоні освітленості. Перехід від сприйняття однієї освітленості до іншої вимагає адаптації (пристосування) й приводить до стомлення, тимчасового зниження працездатності й підвищення небезпеки травмування.

Світловий потік, що падає на будь-яку перешкоду ($F_п$), частково відбивається ($F_в$), частково поглинається ($F_{пог}$) і частково проходить через нього ($F_{пр}$). Оскільки

$$F_п = F_в + F_{пог} + F_{пр},$$

то після ділення формули на $F_п$ одержимо:

$$F_в / F_п + F_{пог} / F_п + F_{пр} / F_п = 1. \qquad (7.4)$$

Перший доданок у формулі (7.4) визначає кількість відбитої енергії і називається ***коефіцієнтом відбиття*** ρ; другий доданок характеризує кількість поглинутої енергії і називається ***коефіцієнтом світлопоглинання*** α, третій доданок характеризує кількість енергії, що пройшла, і називається ***коефіцієнтом світлопропускання*** τ (табл. 7.1). Тоді формулу (7.4) можна подати як

$$\rho + \alpha + \tau = 1. \qquad (7.5)$$

Світловий потік від джерела світла падає на поверхню. Від поверхні він відбивається і тільки після цього сприймається зоровим апаратом. Зорове відчуття буде тим більшим, чим більшу кількість світлового потоку сприйняло око, тобто чим краще відбивається світловий потік.

Таблиця 7.1

Величини коефіцієнтів світлового потоку

Матеріал	Коефіцієнт		
	відбиття ρ	поглинання α	пропускання τ
Білий папір (тонкий)	0,45	0,15	0,4
Хутро	0,75–0,9	0,15-0,1	–
Біла фарба	0,7–0,8	0,3–0,2	–
Віконне скло	0,08	0,02	0,9

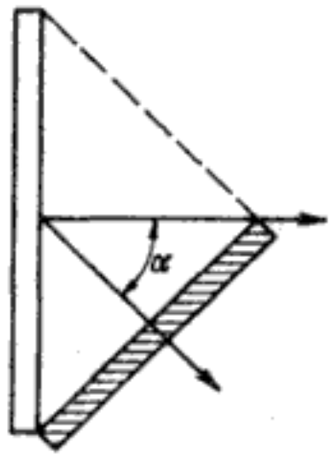


Рисунок 7.2 *Схема до визначення яскравості поверхні*

Щоб визначити зорове відчуття, вводиться поняття ***яскравість*** як відношення сили світла, випромінюваного поверхнею в даному напрямку, до проекції світної поверхні на площину, перпендикулярну даному напрямку (рис. 7.2).

Яскравість особливо відчутна, коли порівнюють дві поверхні, однаково освітлювані світловим потоком, але з різними коефіцієнтами відбиття. Наприклад, якщо покласти скло на горизонтальну поверхню, освітлювану сонячним світловим потоком, і дивитися під кутом падіння сонячного променя, але з протилежного боку. Оскільки поверхня поглинає не менш як 50 % світлової енергії (припустимо, аркуш білого паперу — ($\alpha + \tau = 0{,}55$), то аркуш створює враження великої освітленості, і на папері видно найменші нерівності. Скло ж відбиває весь сонячний світловий потік ($\rho \approx 1$), і тому він засліплює очі, що не дозволяє не тільки розглядати поверхню скла, а й заважає розглядати і аркуш паперу. Яскравість визначають за формулою $B = I_c / (S \cos \alpha)$. Одиниця вимірювання яскравості — *ніт* (нт). Яскравість 1 нт має світна поверхня, що випромінює в перпендикулярному до неї напрямку світло силою 1 кд з площі 1 м^2. Уявлення про одиницю яскравості можуть дати такі приклади: аркуш білого паперу, освітлюваний настільною лампою, має яскравість 40 нт. Для сонця в зеніті В = 109; для поверхні вольфрамової нитки лампи розжарювання $B = 5{,}5 \cdot 10^6$; для люмінесцентної лампи $B = 7 \cdot 10^3$.

Зорове відчуття залежить також і від так званих якісних характеристик освітлюваних поверхонь. Це, зокрема, фон, засліпленість і т. ін.

Фоном називається ступінь відбивання світлового потоку поверхнею. Фон характеризується коефіцієнтом відбиття ρ. Якщо $\rho < 0{,}2$, фон називається темним; якщо $\rho = 0{,}2 \ldots 0{,}4$ — середнім; якщо $\rho > 0{,}4$ — світлим.

Співвідношення яскравості фону поверхні й об'єкта називається ***контрастом***. Він характеризується ***коефіцієнтом контрасту*** $K_к$, що визначається при яскравості фону $B_ф$, меншій від яскравості об'єкта B, за формулою: $K_к = (B_о - B_ф) / B_о$. Якщо $B_ф > B_о$, коефіцієнт $K_к = (B_ф - B_о)/B_ф$. Зоровий апарат людини може розрізняти об'єкт при певному мінімальному контрасті. Цей контраст називається *пороговим*. Він залежить від освітленості, розміру об'єкта, тривалості експозицій і т. ін. Залежно від яскравості об'єкта й фону розрізняють малий контраст ($K_к < 0{,}2$), середній ($K_к = 0{,}2 \ldots 0{,}5$) і великий ($K_к > 0{,}5$).

Видимістю об'єкта U називається здатність ока розрізняти об'єкт на фоні. Видимість визначається за формулою: $U = K_о / K_{пор}$, де $K_о$ — контраст об'єкта з фоном; $K_{пор}$ — порогове значення контрасту. При певних величинах освітленості й контрасту видимість об'єкта погіршується. Це явище називається ***засліпленіс-***

тю. Її визначають за допомогою *показника засліпленості* $P' = [(U_1/U_2) - 1] \times 1000$, де U_1 — видимість об'єкта, освітлюваного дифузійним світлом; U_2 — видимість об'єкта, освітлюваного даною системою освітлення.

Показник засліпленості для світильників загального освітлення нормують залежно від розряду робіт і тривалості перебування людей у приміщенні.

При освітленні газорозрядними лампами внаслідок живлення їх змінним струмом і невеликої інерційності цих ламп можлива ***пульсація світлового потоку***, а отже, і освітленості поверхні. Критерієм оцінювання цього явища служить *коефіцієнт пульсації* $K_п$, що визначається за формулою $K_п = (E_{max} - E_{min}) / (2E_{ср})$. Величина коефіцієнта пульсації також обмежена залежно від розряду робіт і застосовуваної системи освітлення.

§ 7.3. Нормування освітленості

Для освітлення приміщень і будівель СНіП 2-4-79 передбачено природне й штучне освітлення.

Природне освітлення забезпечується завдяки сонячному світлу, що надходить у будівлю через світлові прорізи різної конструкції.

У приміщенні воно змінюється у великих межах і залежить від параметрів світлових прорізів, часу доби й року, погоди тощо. Відношення природної освітленості в приміщенні $E_с$ до зовнішньої освітленості $E_н$ залежить тільки від величини параметрів світлових прорізів. Це відношення називається ***коефіцієнтом природної освітленості.*** Його визначають за формулою

$$e_с = (E_с / E_н) \times 100\ \%. \qquad (7.6)$$

Усі операції з природним освітленням (нормування, розрахунок, контроль і т. ін.) проводять з використанням коефіцієнта природної освітленості. При нормуванні його значення встановлюється з припущення, що зовнішня освітленість дорівнює мінімально припустимій — 5000 лк.

Залежно від впливу освітленості на продуктивність праці *всі види робіт поділяються на вісім розрядів*. Основою цього поділу є необхідність розрізняти мінімальні розміри якого-небудь об'єкта. До першого розряду відносять роботи, при яких необхідно розрізняти деталі об'єкта розміром до 0,15 мм, до останнього — роботи, що вимагають лише загального спостереження.

Нормовані значення коефіцієнтів $e_с$ для виробничих будівель наведено в табл. 7.2, для допоміжних — у табл. 7.3.

Таблиця 7.2

Нормовані значення КПО при природному й суміщеному освітленні та освітленість на робочих поверхнях при штучному освітленні для виробничих приміщень (скорочено)

Характеристика зорової роботи	Найменший розмір об'єкта розрізнення, мм	Розряд зорової роботи	Підрозряд зорової роботи	Контраст об'єкта розрізнення з фоном	Характеристика фону	Освітленість при штучному освітленні, лк		КПО e_c^{III} при природному освітленні, %			КПО e при суміщеному освітленні, %		
						комбінованому	загальному	верхньому або верхньому бічному	бічному: у зоні із стійким сніговим покривом	бічному: на решті території	верхньому або верхньому бічному	бічному: у зоні із стійким сніговим покривом	бічному: на решті території
Найвищої точності	менш як 0,15	I	а	Малий	Темний	5000	1500	10	2,8	3,5	6	1,7	2
			б	Малий	Середній	4000	1250						
			б	Середній	Темний	4000	1250						
			в	Малий	Світлий	2500	750						
			в	Середній	Середній	2500	750						
			в	Великий	Темний	2500	750						
			г	Середній	Світлий	1500	400						
			г	Великий	Світлий	1500	400						
			г	Великий	Середній	1500	400						
Дуже високої точності	від 0,15 до 0,3		а	Малий	Темний	4000	1250	7	2	2,5	4,2	1,2	1,5
			б	Малий	Середній	3000	750						
			б	Середній	Темний	3000	750						
			в	Малий	Світлий	2000	500						
			в	Середній	Середній	2000	500						
			в	Великий	Темний	2000	500						

Закінчення таблиці 7.2

Характеристика зорової роботи	Найменший розмір об'єкта розрізнення, мм	Розряд зорової роботи	Підрозряд зорової роботи	Контраст об'єкта розрізнення з фоном	Характеристика фону	Освітленість при штучному освітленні, лк		КПО e_c^{III} при природному освітленні, %			КПО e при суміщеному освітленні, %		
						комбінованому	загальному	верхньому або верхньому бічному	бічному у зоні з стійким сніговим покривом	бічному на решті території	верхньому або верхньому бічному	бічному у зоні з стійким сніговим покри-	бічному на решті території
Груба (дуже низької точності)	понад 5	VI	–	Незалежно від характеристик фону й контрасту об'єкта з фоном		–	150	2	0,4	0,5	1,2	0,3	0,3
Робота зі світними матеріалами та виробами в гарячих цехах	понад 0,5	VII	–	Те саме		–	200	3	0,8	1	1,8	0,5	0,6
Загальне спостереження за ходом виробничого процесу: постійне	–	VIII	а	Те саме		–	75	1	0,2	0,3	0,7	0,2	0,2

Таблиця 7.3

Нормовані значення КПО при природному й суміщеному освітленні та освітленість на рабочих поверхнях при штучному освітленні для приміщень житлових, громадських і допоміжних будівель

Приміщення	Площина нормування освітленості і КПО – висота площини над підлогою, м	Штучне освітлення				*КПО* e_c^{III}, % при освітленні		
		освітленість робочих поверхностей, лк	циліндрична освітленість, лк	показник дискомфорту, не більше ніж, од.	коефіцієнт пульсації освітленості, % не більш як	верхньому або верхньому і бічному	бічному	
							у зоні із стійким сніговим покривом	на іншій території
Будівлі управління, конструкторських і проектних організацій, науково-дослідних установ								
1. Кабінети і робочі кімнати, проектні кабінети	Г – 0,8	300	–	40	15	–	0,8	1
2. Проектні зали і кімнати, конструкторські, креслярські бюро	Г – 0,8	500	–	40	10	5	1,6	2
3. Комп'ютерні класи	Г – 0,8	400	–	40	10	4	1,2	1,5
4. Класні кімнати, аудиторії, навчальні кабінети, лабораторії, лаборантські:								
а) на дошці (середина)	В – на дошці	500	–	40	15	–	–	–
б) на рабочих столах і партах	Г – 0,8	300	–	40	10	4	1,2	1,5
Кабінети технічного креслення і малювання:								
а) на дошці	В – на дошці	300	–	–	–	–	–	–
б) на робочих столах	Г – 0,8	500	–	–	–	5	1,6	2

Примітка: Г – горизонтальна площина, В – вертикальна площина.

При нормуванні враховують також і економічність систем освітлення. Вона пов'язана з площею засклення світлових прорізів і місцем їх розташування в приміщенні чи будинку.

Залежно від місця розташування світлових прорізів у будівлі розрізняють бічне (вікна) і верхнє (світлові ліхтарі) освітлення.

Зі збільшенням площі засклення прорізів освітленість у будівлі збільшується і, відповідно, зростає продуктивність праці. Але, разом з тим, більш різко збільшуються і витрати на обігрів і підтримання температури в будівлі на необхідному рівні. Порівнюючи прибуток за рахунок зростання продуктивності праці при збільшенні освітленості й витрати на опалення будинку при різних системах освітлення визначають оптимальні значення освітленості, які і закладаються в нормативні документи.

При верхньому освітленні з приміщення видаляється відпрацьоване повітря, що не впливає на температуру в будівлі. При бічному освітленні повітря на робочих місцях сильно вихолоджується через засклення і, щоб підтримувати температуру на робочих місцях на необхідному рівні, потрібні додаткові витрати на обігрів повітря. Тому верхнє освітлення є більш економічним. Відповідно і норма освітленості при верхньому освітленні на 25–50 % більша, ніж при бічному.

При нормуванні враховують і якісні характеристики: контраст, фон.

При проектуванні і санітарному контролі величина коефіцієнта природної освітленості визначається за формулою:

$$e_н = e_с \cdot c \cdot m, \qquad (7.7)$$

де c — коефіцієнт сонячного клімату;

m — коефіцієнт світлового клімату.

Світловий клімат — це сукупність умов природного освітлення, обумовлених географічною широтою конкретної місцевості. Територію колишнього СРСР за відмінностями світлового клімату було поділено на п'ять поясів. Для поясу I — m = 1,2, для поясу II — m = 1,1, для поясу III — m = 1, для поясу IV — m = 0,9, для поясу V — m = 0,8. Україна розташована в IV поясі (m = 0,9).

Коефіцієнт сонячності клімату враховує додатковий світловий потік, відбитий від поверхні Землі, і визначається за табл. 7.4.

При нормуванні освітленості враховується також економічність систем освітлення. Нормована величина коефіцієнта природної освітленості при бічному освітленні значно менша, ніж при верхньому і комбінованому. Аналогічно і при штучному освітленні: комбінована система освітлення більш економічна, ніж система загального освітлення. Це дало змогу передбачити для такої системи більшу освітленість.

Таблиця 7.4

Значення коефіцієнта сонячності клімату с

Пояс світлового клімату	При світлових прорізах, орієнтованих за сторонами горизонту (азимут)							При зеніт-них ліхта-рях
	у зовнішніх стінах будівель			у прямокутних і трапецієподібних ліхтарях			у ліхта-рях ти-пу шед 316-45°	
	136-225°	226-315° 46-135°	316-45°	69-113° 249-293°	24-68° 204-248° або 114-158° 294-338°	159-203° 339-23°		
I	0,9	0,95	1	1	1	1	1	1
II	0,85	0,9	1	0,95	1	1	1	1
...								
IV: -північніше 50° пн.ш.	0,75	0,8	1	0,85	0,9	0,95	1	0,9
-50° пн.ш. і південніше	0,7	0,75	0,95	0,8	0,85	0,9	0,95	0,85
V: -північніше 40° пн.ш.	0,65	0,7	0,9	0,75	0,8	0,85	0,9	0,75
-40° пн.ш. і південніше	0,6	0,65	0,85	0,7	0,75	0,8	0,85	0,65

Штучне освітлення створюється завдяки різноманітності конструкцій електричних ламп (див. § 7.6). При нормуванні освітленості враховують також їх економічність й обмежують деякі характеристики. Так, лампи розжарювання мають світлову віддачу в 2–10 разів меншу, ніж газорозрядні. Тому для освітлення промислових приміщень слід передбачити газорозрядні лампи. Лампи розжарювання використовують лише в тих випадках, коли технічно неможливо або економічно недоцільно застосовувати газорозрядні лампи. При цьому норми освітленості лампами розжарювання значно менші, ніж газорозрядними лампами.

Світловий потік джерел світла при штучному освітленні змінюється з часом. Це пов'язано з тим, що вони забруднюються пилом, кіптявою і т. ін., старіють. У нормах штучного освітлення встановлено терміни очищення їх від забруднення (3–6 місяців). Однак навіть упродовж цього часу світловий потік джерел світла сильно змінюється.

Таблиця 7.5

Значення коефіцієнта запасу, $к_з$

Приміщення	Приклад приміщення	При природному освітленні			При штучному освітленні	
		розміщення світловипромінювального матеріалу			лампами	
		вертикально	похило	горизонтально	газорозрядними	розжарювання
1. Виробничі приміщення з повітряним середовищем, що містить у робочій зоні:						
а) понад 5 мг/м³ пилу, диму, кіптяви	Агломераційні фабрики, цементні заводи й обрубні відділення ливарних цехів	1,5	1,7	2	2	1,7
б) від 1 до 5 мг/м³ пилу, диму, кіптяви	Цехи ковальські, ливарні, мартенівські, зварювальні, збірного залізобетону	1,4	1,5	1,8	1,8	1,5
в) менше 1 мг/м³ пилу, диму, кіптяви	Цехи інструментальні, складальні, механічні, механоскладальні, пошивні, ткацькі, прядильні, деревообробні	1,3	1,4	1,5	1,5	1,3
г) значні концентрації парів, кислот, лугів, газів, здатні при стиканні з вологою утворювати слабкі розчини кислот, лугів, що мають високу кородуючу здатність	Цехи хімічних заводів з виготовлення кислот, лугів, їдких хімічних реактивів, ядохімікатів, добрив. Цехи гальванічих покриттів гальванопластики, різних галузей промисловості із застосуванням електролізу	1,5	1,7	2	1,8	1,5
2. Виробничі приміщення з особливим режимом щодо чистоти повітря при обслуговуванні світильників:						
а) з технічного поверху	–	–	–	–	1,3	1,15
б) знизу з приміщення	–	–	–	–	1,4	1,2
3. Приміщення громадських і жилих будівель	Кабінети й робочі приміщення громадських будівель, жилі кімнати, навчальні приміщення, лабораторії, читальні зали, зали для нарад, торговельні зали тощо	1,2	1,4	1,5	1,5	1,3

Під старінням ламп розжарювання мають на увазі зміну світлового потоку внаслідок зменшення діаметра нитки розжарювання, а в газорозрядних лампах — через зміни в люмінофорі. З метою забезпечення мінімальної освітленості в розрахунках передбачається коефіцієнт запасу (*кз*), що визначається за табл. 7.5.

§ 7.4. Прилади для визначення характеристик світла

Відповідно до поділу приймачів світлової енергії на біологічні і фізичні, прилади для вимірювання світлових характеристик можуть бути ***суб'єктивними*** та ***об'єктивними***.

Принцип роботи ***суб'єктивних приладів*** вимірювання світлових характеристик джерел світла грунтується на здатності зорового апарату людини порівнювати освітленість двох поверхонь. Недолік цих приладів у тому, що величина різниці освітленості двох поверхонь буде залежати також і від суб'єктивних характеристик зорового апарату операторів, що утруднює їх використання.

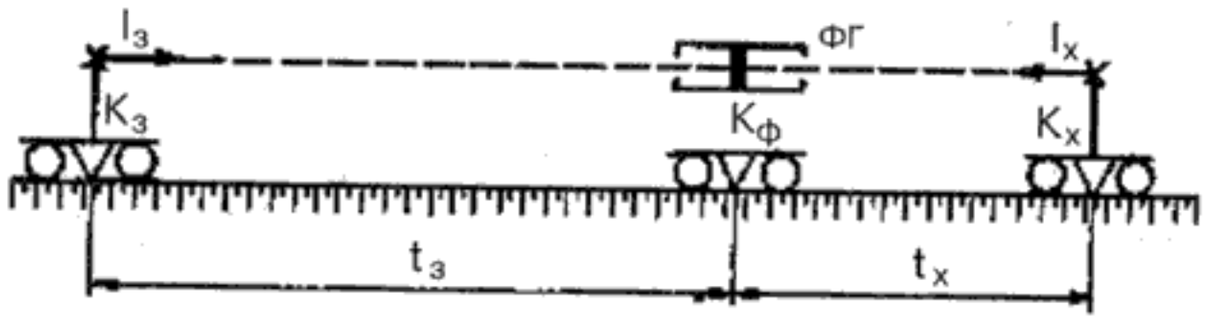


Рисунок 7.3
Схема лінійного фотометра

До суб'єктивних приладів належить лінійний фотометр для вимірювання сили світла (рис. 7.3). Він являє собою фотометричну лаву, на якій кріпляться три рухливі каретки. На крайніх каретках кріплять еталонне джерело світла (сила світла I_e) і досліджуване джерело світла (сила світла $I_д$), на середній — фотометричну голівку, що складається з барієвої прийомної пластинки (ФГ). Від пластинки світло відбивається й потрапляє у світлові кубики, потім — в окуляр. Завдання оператора — за допомогою пересування каретки домогтися однакової освітленості пластинки з двох боків.

З формули (7.2) випливає, що $Fc = I_c\,\omega$. Оскільки $\omega = S_ш / L^2$ ($S_ш$ — площа поверхні кулі, обмежена тілесним кутом ω; L — радіус кулі), то $S_ш = L^2\omega$. Беручи до уваги формулу (7.3), одержуємо:

$$E = \frac{F_c}{S_ш} = \frac{I_c\omega}{L^2\omega} = \frac{I_c}{L^2} = \frac{I_e}{L_e^2} = \frac{I_и}{L_x^2}, \qquad (7.8)$$

де L_e — відстань між фотометричною голівкою й еталонним джерелом світла;
L_x — відстань між фотометричною голівкою і досліджуваним джерелом світла.

З формули (7.8) одержуємо:

$$L_u = \frac{I_e L_x^2}{L_e^2}, \qquad (7.9)$$

Об'єктивні методи вимірювання спираються на закономірності перетворення енергії випромінювання в електричну за допомогою фізичних приймачів. У цьому випадку точність вимірювання залежить від чутливості приладу до спектрального складу енергії випромінювання.

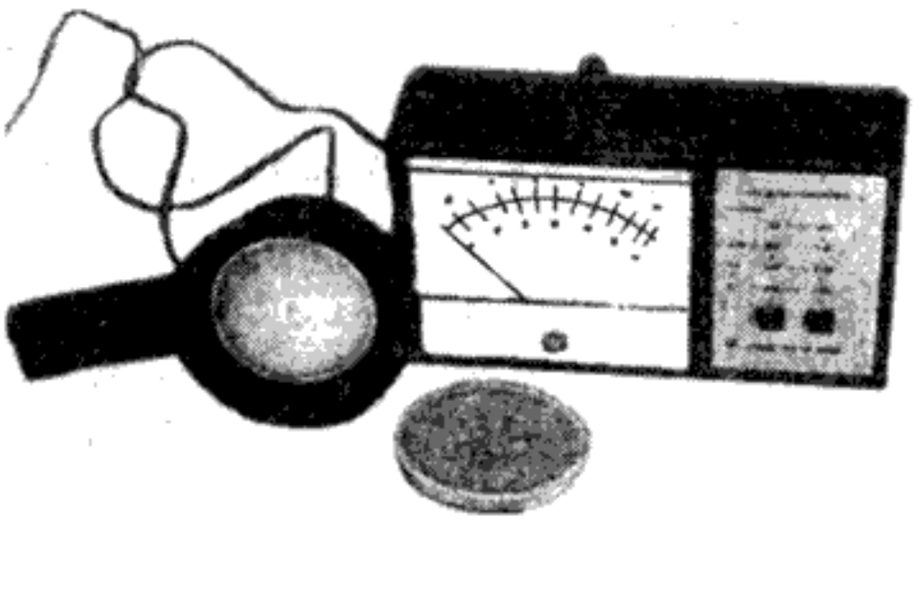


Рисунок 7.4
Загальний вигляд люксметра Ю-116

Найбільш розповсюдженим об'єктивним приладом для вимірювання освітленості є люксметр Ю-116 (рис. 7.4). Він складається з фотоелемента, у якому енергія випромінювання перетворюється в електричний струм, і гальванометра, що вимірює силу цього струму. Сила струму залежить не тільки від абсолютної величини освітленості, а й від чутливості фотоелемента до спектрального складу енергії випромінювання, тому не відображає зорового відчуття людини. Щоб усунути цей недолік фотоелемента, застосовують коригувальні коефіцієнти, на які множать показання люксметра. Градуювання люксметра виконано в люксах для джерела світла з колірною температурою 2800 °С, тобто відносно ламп розжарювання. Вимірюючи освітленість іншими джерелами світла, необхідно показання приладу помножити на поправковий коефіцієнт: для ламп ЛД він дорівнює 0,9, для ламп ЛБ — 1,1, для ДРЛ — 1,2, при природному освітленні його значення — 0,8.

§ 7.5. Види природного освітлення

Природне освітлення можливе через бокові світлові прорізи — однобічні і двобічні, а також через верхні світлові прорізи та їх поєднання з боковими.

Однобічне бокове освітлення (рис. 7.5, а) відрізняється великою нерівномірністю освітленості. Мінімальна освітленість робочих місць спостерігається при їх максимальній віддаленості від світлових прорізів. Однобічне бокове освітлення

застосовується при розташуванні робочих місць на відстані триразової висоти від підлоги до верхньої границі вікна, але не більше ніж за 12 м від вікна. Нормується мінімальна освітленість, тобто освітленість найбільш віддаленого від світлових прорізів робочого місця.

При двобічному боковому освітленні (рис. 7.5, б) освітленість приміщення більш рівномірна. Мінімальна освітленість буде посередині приміщення. Двобічне освітлення допускається, якщо ширина будинку не перевищує 18 м. Нормується також мінімальна освітленість, тобто освітленість робочого місця, розташованого посередині приміщення.

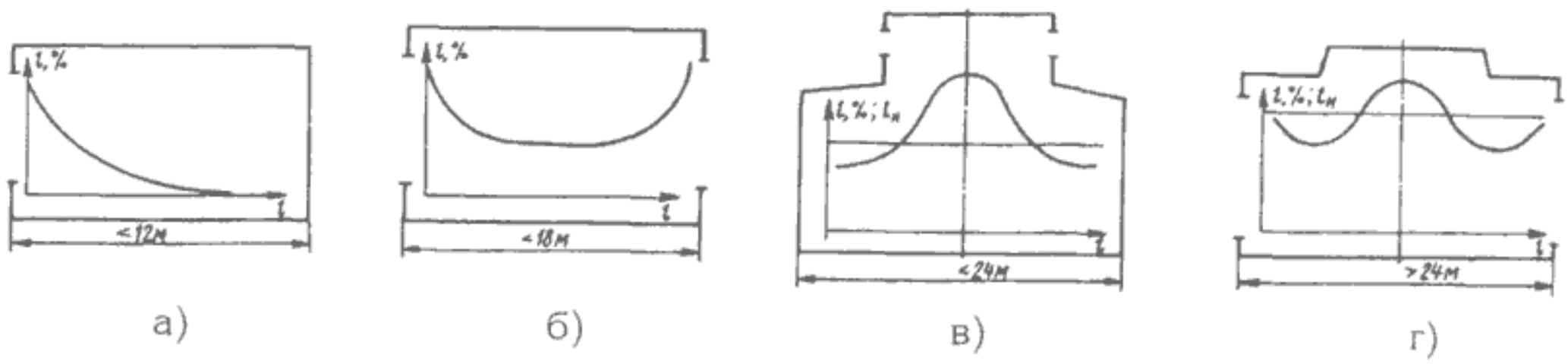
Верхнє освітлення відрізняється більшою рівномірністю освітлення робочих місць (рис. 7.5, в). Світловий потік надходить у приміщення через світлові ліхтарі або через засклену частину перекриття. Застосовується верхнє освітлення тоді, коли ширина будинку перевищує 18 м. Нормується середня освітленість приміщення за формулою

$$I_{ср} = \frac{e_1/2 + e_2 + \ldots + e_{n-1} + e_n/2}{n-1}, \qquad (7.10)$$

де $e_1, \ldots, e_n$ — коефіцієнти природної освітленості в точках;

n — кількість точок (роблячи розрахунки, необхідно визначити освітленість не менш як у п'ятьох точках).

Комбіноване освітлення (рис. 7.5, г) являє собою поєднання бокового й верхнього освітлення. Воно забезпечує достатню рівномірну освітленість робочих місць. Застосовують його, якщо ширина будинку перевищує 24 м. Нормується також середня освітленість.



а) б) в) г)

Рисунок 7.5

Розподіл освітленості: а – при однобічному боковому освітленні; б – при двобічному боковому освітленні; в – при верхньому освітленні; г – при комбінованому освітленні

Ширина ліхтаря повинна бути не меншою ніж половина ширини будинку. Облаштування світлових прорізів повинно забезпечувати їх легке очищення, що в приміщеннях з незначним виділенням пилу, диму й кіптяви повинно проводитися не рідше двох разів на рік, а при значному — не рідше чотирьох разів на рік.

При природному освітленні допускається як суцільне засклення, так і засклення окремих ділянок, розміщених на однаковій відстані одна від одної. Відстань від крайніх світлових прорізів до торцевої частини стіни будівлі не повинна перевищувати половини відстані між світловими прорізами.

Кількість шарів засклення залежить від різниці температури в будівлі і зовнішньої температури, а також відстані від світлових прорізів до робочих місць.

§ 7.6. Джерела штучного освітлення

Пристрій, що перетворює електричну енергію в світлову, називається ***джерелом штучного світла***. Його основні характеристики такі: світлова віддача $b = F_c / P$, де P — потужність джерела світла, Вт, і коефіцієнт корисної дії $\eta_i = P_п / P$, де $P_п$ — використовувана потужність джерела світла, Вт.

Залежно від механізму перетворення електричної енергії у світлову джерела світла поділяються на *теплові* і *газорозрядні*.

У ***теплових джерелах світла*** світлова енергія утворюється в результаті переходу електричної енергії в теплову, що спричинює підвищення температури тіла. Коли температура тіла підвищується, збільшується потужність енергії випромінювання, змінюється її спектральний склад. Видима ділянка спектра утворюється при температурі понад 500 °К, а його максимальна інтенсивність спостерігається, коли температура тіла становить 6500 °К. Подальше підвищення температури тіла спричинить зміщення спектра енергії випромінювання в бік невидимого ультрафіолетового діапазону. При цьому навіть при температурі 6500 °К у світлову енергію перетворюється лише 14 % електричної енергії, що підводиться до тіла.

До теплових джерел світла належать лампи розжарювання. Як тіло, що випромінює світлову енергію, використовується вольфрамова нитка, температура плавлення якої 3200 °К. Максимальна робоча температура нитки 2900 °К. Цій температурі відповідають світлова віддача 23 лм/Вт і ККД близько 3 %. Спектральний склад світла зміщений у бік інфрачервоного випромінювання.

Переваги ламп розжарювання — простота конструкції і можливість включення безпосередньо в електричну мережу. Недоліки — низький ККД і відмінність спектрального складу світла від природного, до якого пристосований зоровий апарат людини.

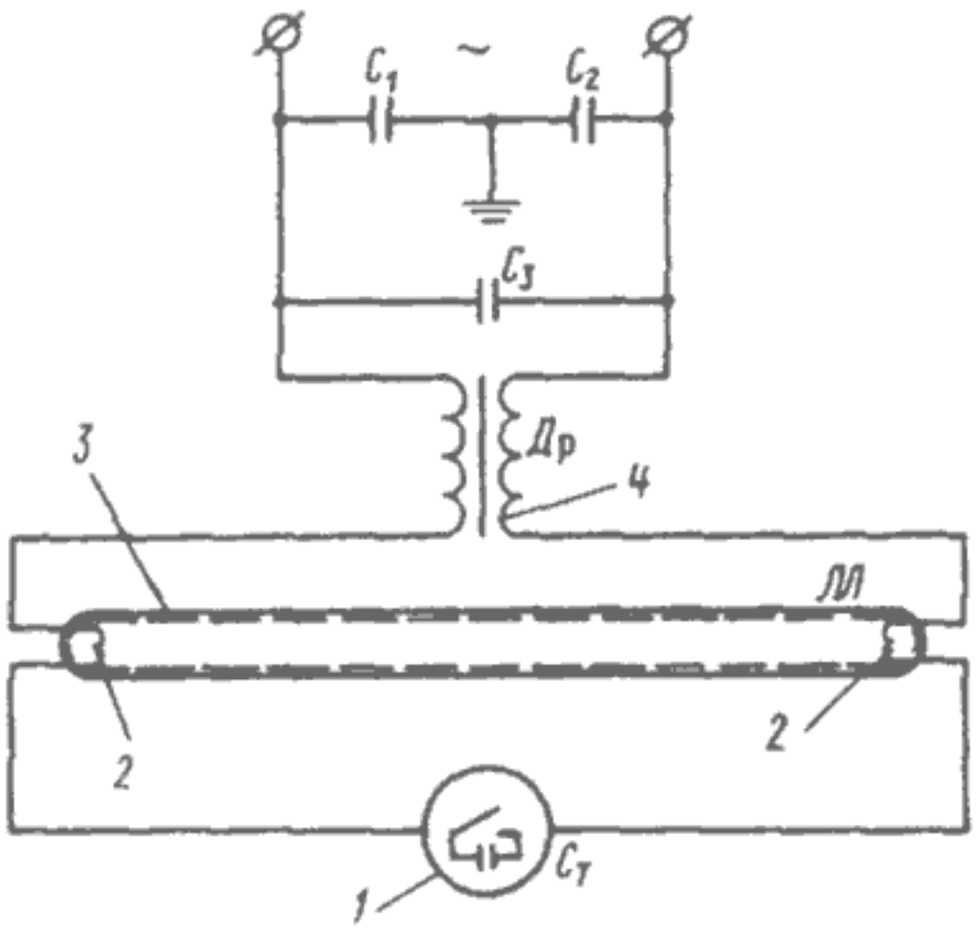


Рисунок 7.6

Схема газоразрядної лампи: 1 – теплове реле; 2 – електроди; 3 – скляна трубка; 4 – баластовий опір

Нині випускають ***вакуумні*** і ***газонаповнені*** лампи розжарювання. За ГОСТом 2239-79 промисловість випускає такі лампи: спіральні з аргоновим наповненням (НГ), біспіральні з аргоновим наповненням (НБ), з йодним наповненням (КИ), із криптоновим наповненням (НКБ).

Подальше удосконалення ламп розжарювання пов'язане з розробкою йодних ламп. Їхньою особливістю є те, що до інертного газу при заповненні лампи додається йод з розрахунку 0,1 мг на 1 м^3 газу. Завдяки цьому можна збільшити світлову віддачу до 29 лм/Вт (табл. 7.2).

Газорозрядне джерело світла — це прилад, що перетворює електричну енергію у світлову в результаті електричного розряду в середовищі інертних газів, парів металів і їхніх сумішей.

У загальному випадку будову газорозрядної лампи можна подати таким чином (рис. 7.6). Скляна трубка *3* герметично закривається, вакуумується й заповнюється газом. При нормальній температурі газ електричного струму не проводить, тому на її кінцях встановлюються два послідовно включених через теплове реле *1* електроди *2*. Коли лампу вмикають, струм спочатку проходить через електроди. Температура газу в лампі підвищується. При певній його температурі відбувається пробій газового проміжку. У цей час теплове реле розмикає електроди й електричний струм починає проходити тільки через газ.

Коли струм проходить через газ, температура газу підвищується, що знижує опір газового проміжку. Оскільки напруга залишається постійною, то сила струму збільшується.

При цьому опір газового проміжку може зменшуватися до дуже малої величини, що може привести до зростання сили струму до значень, які руйнують лампу. Щоб обмежити силу струму, послідовно з електродами включають баластовий опір *4*.

Коли електричний струм проходить через лампу, температура газу підвищується до 5000–6000 °К. Енергія, яка підводиться до лампи, при цій температурі розподіляється так: видимий спектр — 1 %, теплові втрати — 34 %, ультрафіолетовий спектр — 65 %.

Таблиця 7.6

Основні характеристики джерел світла (U =220 В)

Тип лампи	Потужність P, Вт	Світловий потік $F_н$, лм	Світлова віддача b, лм/Вт
Лампи розжарювання загального призначення			
Г	750	13 100	17
Г	1500	29 000	19
Лампи розжарювання для місцевого освітлення			
МО 12-15 (U =12 В)	15	200	13
МО 336-100 (U = 36 В)	100	1200	12
Кварцеві галогенні лампи			
КГ-220-1 000-5	1000	22 000	22
КГ-220-10 000-1	10 000	220 000	22
Ртутні лампи низького тиску			
ЛХБ 20-4	20	935	47
ЛХБ 30-4	30	1720	57
ЛБ 80-1	80	4160	52
Ртутні лампи високого тиску			
ДРЛ80	80	3200	40
ДРЛ 1 000	1000	50 000	50
ДРИ 2 000	2000	190 000	95
Ксенонові лампи			
ДКсТ 5 000	5000	98 000	19
ДКсТ 50 000	50 000	2 230 000	44

Деякі речовини при опроміненні ультрафіолетовим променистим потоком здатні світитися, тобто перетворювати ультрафіолетову енергію у видиму, наприклад галофосфат кальцію, активований марганцем і сурмою. Ці речовини називаються ***люмінофорами***. Ними покриваються внутрішні стінки лампи. Завдяки люмінофорам вдалося значно підвищити світлову віддачу газорозрядних ламп і змінити спектральний склад світла.

Залежно від газу-наповнювача розрізняють ***ртутні***, ***ксенонові*** і ***натрієві лампи***.

Ртутні лампи залежно від створюваного в лампі тиску поділяються на лампи надвисокого, високого і низького тиску.

Ртутні лампи низького тиску залежно від складу люмінофора поділяються на п'ять груп: *лампи білого світла (ЛБ), лампи теплого білого світла (ЛТБ), лампи холодного білого світла (ЛХБ), лампи денного світла (ЛД), лампи денного світла з виправленою кольоропередачею (ЛДЦ)*. Максимальну світлову віддачу (75 лм/Вт) мають лампи ЛБ (див. табл. 7.6), мінімальну (30 лм/Вт) — лампи ЛДЦ. Основний недолік цих ламп — невелика потужність (до 80 Вт) і значні габарити. Тому їх застосовують для освітлення невеликих приміщень (службових, коридорів тощо), а також приміщень висотою до 3 м.

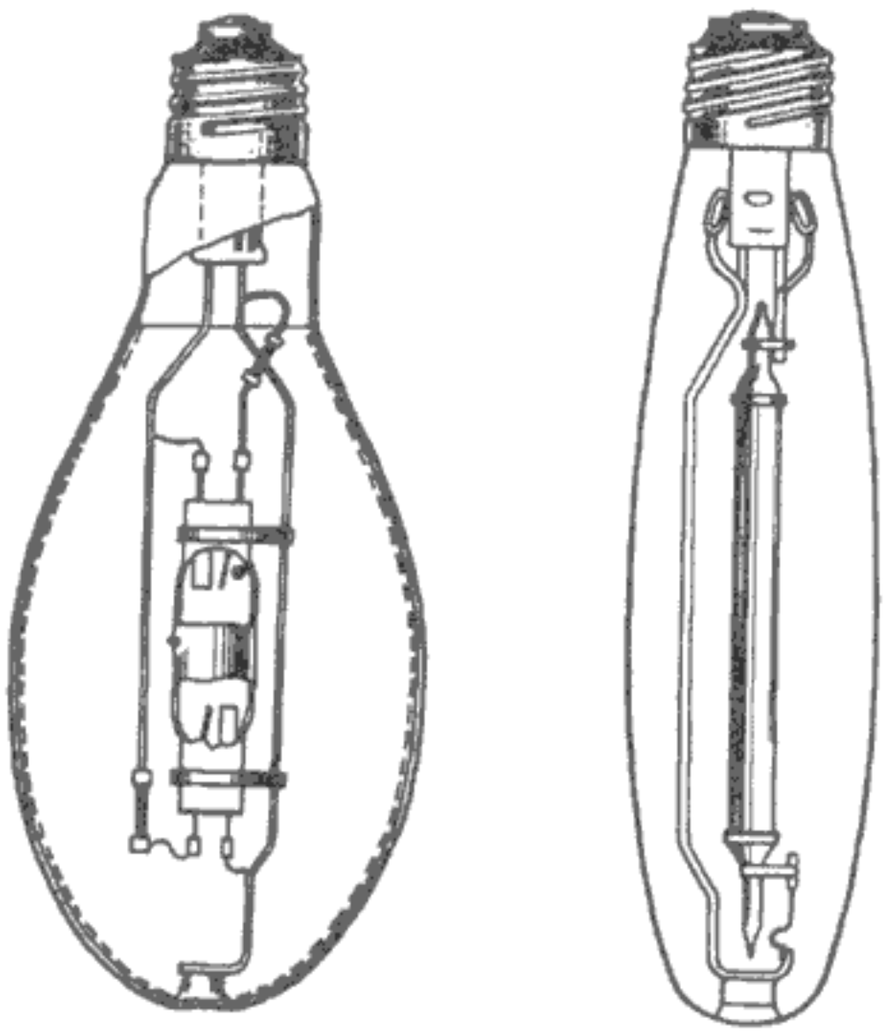


Рисунок 7.7
Схеми ртутної лампи високого тиску (а) і натрієвої лампи (б)

Ртутні лампи високого тиску, або дугові ртутні лампи (ДРЛ), являють собою грушоподібну скляну колбу (аналогічну лампам розжарювання), усередині якої міститься невелика газорозрядна трубка зі спеціального жароміцного кварцового скла (рис. 7.7, а). Це дало можливість підвищити тиск парів ртуті і збільшити потужність ламп до 2 кВт, зберігши світлову віддачу порядку 50–60 лм/Вт. Нині лампи ДРЛ широко застосовують для освітлення цехів, будівель, вулиць і т. ін.

Лампи надвисокого тиску відрізняються від ламп високого тиску лише тим, що в них тиск парів ртуті дуже великий. Ці лампи дають можливість одержувати джерела світла дуже високої яскравості, що і визначає сферу їх застосування: у прожекторах, кіноапаратах тощо. Для освітлення промислових будівель їх не застосовують.

У ксенонових лампах замість парів ртуті використовують ксенон. Завдяки цьому вдалося створити джерела світла зі світловою віддачею 60–100 лм/Вт і потужністю 100 кВт. У цих лампах близько 70 % енергії витрачається на створення ультрафіолетового випромінювання. При освітленості понад 100 лк відбувається значне опромінення ультрафіолетовим випромінюванням, що може призвести до опіків (схожих на сонячні) відкритих ділянок тіла. Це обмежує сферу застосування таких ламп освітленням переважно відкритих просторів.

Завдяки натрієвим лампам (рис. 7.7, б) вдалося одержати максимальну світлову віддачу — 175 лм/Вт. Однак неприродний спектральний склад світла обме-

жує сферу їх застосування. Ці лампи застосовують для освітлення вулиць і площ. Нині вони удосконалюються.

Недоліком газорозрядних ламп є складність їхнього включення в електричну мережу, що призводить до подорожчання світильників, а також пульсації світлового потоку, зумовленої незначною інерційністю при живленні змінним струмом. Пульсація світлового потоку може призвести до стробоскопічного ефекту, тобто спотвореного сприйняття обертових, рухомих об'єктів або об'єктів, що змінюються.

§ 7.7. Світильники

Світильником називається пристрій багатоцільового призначення: для кріплення джерела світла, забезпечення безпеки його експлуатації, перерозподілу світлового потоку в просторі і т. ін.

Основними характеристиками світильників є такі: коефіцієнт корисної дії $\eta_c = (F_c / F_{дж}) \times 100\ \%$ і коефіцієнт оптимального відношення відстані між світильниками до висоти:

$$\lambda = L / H, \qquad (7.11)$$

де $F_{дж}$ — світловий потік джерела світла, лм;
F_c — світловий потік світильника, лм;
L — відстань між світильниками, м;
H — висота підвісу світильника, м.

Величина коефіцієнта λ визначається в такий спосіб. Припустимо, світильник освітлює горизонтальну поверхню. Тоді максимальна освітленість буде на осі світильника. З віддаленням від осі світильника освітленість зменшується. Між двома світильниками освітленість буде визначатися світловими потоками двох суміжних світильників. Загальну освітленість у будь-якій точці поверхні можна одержати шляхом підсумовування освітленості першого і другого світильників, при правильному розташуванні яких вона буде мінімальною між світильниками. Отже, освітленість горизонтальної поверхні буде змінюватися від максимальної E_{max} на осі світильника до мінімальної E_{min} між світильниками.

Рівномірність освітлення оцінюється відношенням E_{min} / E_{max}. Чим більша його величина, тим краще для зорового апарату людини. Але зі збільшенням цього відношення зростають і витрати на освітлення. Допустимою вважається величина коефіцієнта λ, що забезпечує $E_{min} / E_{max} = 1/3$. Для кожного конкретного світильника це постійна величина, що наводиться в паспорті або довіднику за даними заводу-виготовлювача.

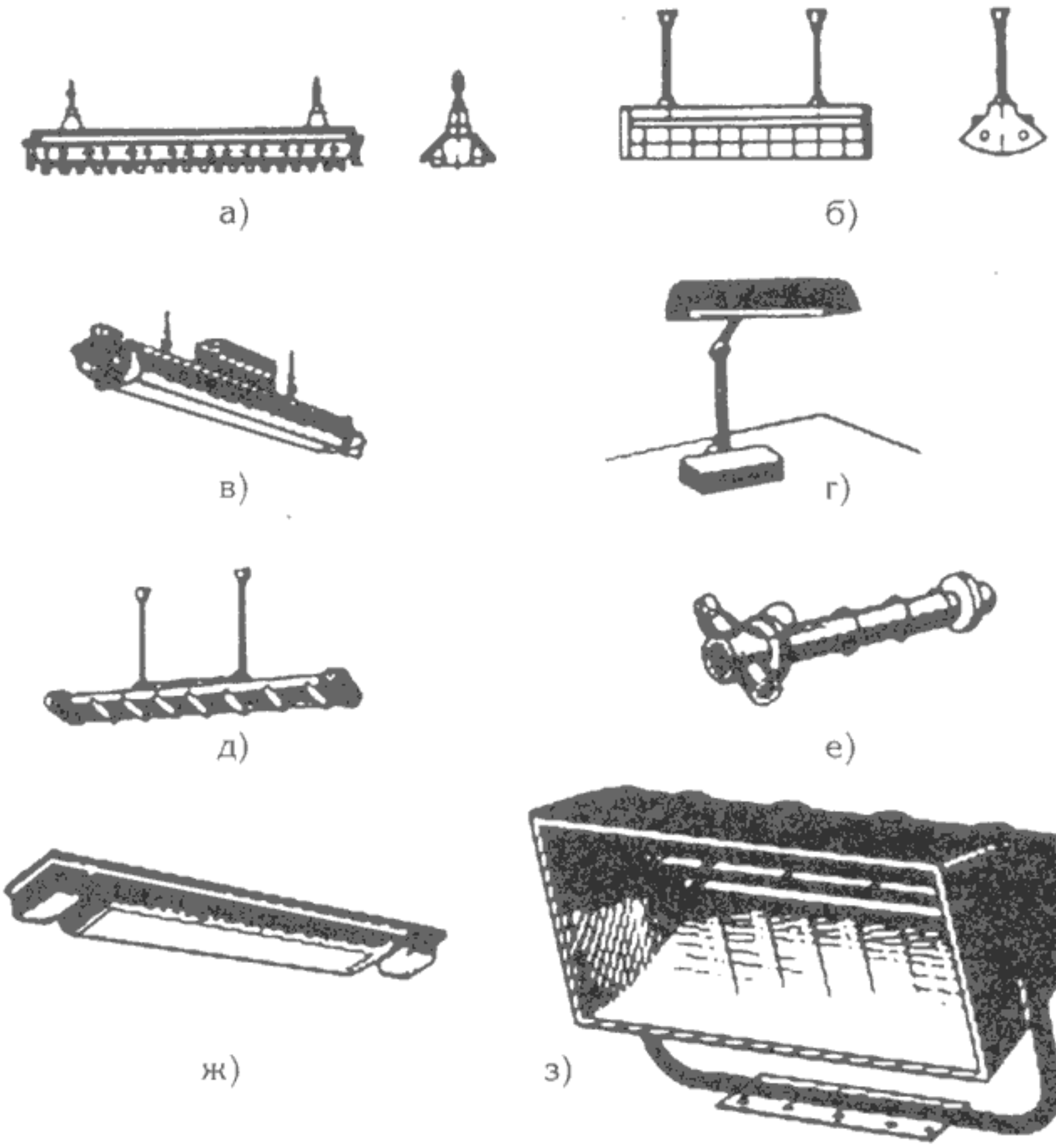


Рисунок 7.8
Світильники для газорозрядних ламп: а – ОДО; б – ШОД; в – НОГЛ; г – МЛ; д – ПВЛ 6; е – РВЛ; ж – Пли; з – СПКс-3-20

Одне з основних завдань застосування світильників — забезпечення безпечної експлуатації джерела світла. Це досягається конструктивним виконанням світильників, залежно від якого вони можуть бути різної конструкції (рис. 7.8):

- *відкритими*, у яких джерело світла не ізольоване від зовнішнього середовища;
- *захищеними*, у яких джерело світла ізольоване від зовнішнього середовища, однак яких-небудь ущільнень не передбачено;
- *пилонепроникними*, у яких джерело світла ізольоване від зовнішнього середовища, а ущільнення виключає проникнення пилу всередину світильника;

- *водозахищеними,* у яких джерело світла ізольоване від навколишнього середовища, а ущільнення виключає проникнення всередину світильника води навіть при обливанні його водою зі шланга;
- *вибухозахищеними*, у яких передбачено захист, що унеможливлює передавання можливого вибуху всередині світильника в навколишнє середовище.

Конструктивне виконання світильників вибирають залежно від складу повітряного середовища.

Не менш важливою метою застосування світильників є перерозподіл світлового потоку, що забезпечує необхідну рівномірність й економічність освітлення. Відповідно до цього розрізняють світильники *прямого, розсіяного й відбитого світла.*

Світильники прямого світла випромінюють у заданому напрямку 90 % світлового потоку. До цієї групи належать світильники типів «Универсаль», «Глубокоизлучатель» і т. ін. Головна перевага цих світильників — велика економічність. Недолік — значна контрастність освітлення за рахунок глибоких тіней. Світильники прямого світла застосовують у тих випадках, коли є небезпека втрати світлового потоку, наприклад при освітленні відкритих площадок, приміщень з темними стелями й стінами, при місцевому освітленні тощо.

Світильники розсіяного світла практично рівномірно випромінюють світловий потік у всіх напрямках. Це світильники типів «Молочна куля», «Люцетта» і т. ін. Їхнє достоїнство — практично рівномірне освітлення. Недолік — великі витрати на освітлення за рахунок поглинання світлової енергії стелями й стінами приміщень. Тому такі світильники застосовують лише в приміщеннях з великим коефіцієнтом відбиття, тобто в приміщеннях зі світлими стелями й стінами.

Світильники відбитого світла 90 % світлового потоку спрямовують на поверхню, що відбиває. Після відбиття світловий потік освітлює будинок чи приміщення. Достоїнствами таких світильників є відсутність тіней і велика рівномірність освітлення. Їх застосовують в основному для архітектурного освітлення.

Основні типи світильників для газорозрядних ламп показано на рис. 7.8, а їхні характеристики наведено в табл. 7.6.

§ 7.8. Типи, види і системи штучного освітлення

Будівельні норми і правила (СНіП 2-4-79) для освітлення виробничих приміщень і споруд допускають використання природного, штучного й суміщеного освітлення.

Для освітлення промислових будівель застосовується основне (чи робоче), аварійне, евакуаційне і ремонтне освітлення.

Основне освітлення призначається для освітлення робочих місць за нормальних умов роботи підприємства. Воно передбачене для всіх приміщень і нормується залежно від основних видів робіт.

Аварійне освітлення призначається для освітлення робочих місць, на яких навіть у випадку аварії і відключення основної освітлювальної мережі припинити роботу неможливо (наприклад, через можливий вибух, пожежу, небезпеку травмування тощо). На промислових підприємствах місця встановлення світильників аварійного освітлення узгоджуються з технічною і санітарною інспекціями і профспілковою організацією підприємства. Освітленість при такому освітленні повинна бути не меншою 5 % основного освітлення, але і не меншою 2 лк усередині приміщення і 1 лк на промислових майданчиках. Живлення надходить від аварійного джерела: аварійного розподільного щита або аварійного дизель-генератора.

Евакуаційне освітлення призначається лише для освітлення шляхів виходу людей у випадку аварійної ситуації. Освітленість при цьому повинна бути не меншою 0,5 лк усередині приміщень і 0,2 лк на відкритих майданчиках. Таке освітлення влаштовується в приміщеннях з постійно працюючими в них людьми, якщо відсутність світла може спричинити при їхньому виході нещасні випадки; у проходах, що служать для евакуації більш як 50 чоловік, і т. ін. На підприємствах таке освітлення влаштовується на дільницях розкрою і різання листового металу й ручних згинальних робіт, у корпусообробних цехах, на дільницях складання секцій і блоків у зварювально-складальних цехах, проходах.

Ремонтне освітлення призначається для освітлення при виконанні ремонтних робіт. Для цього використовують переносні світильники із живленням ламп від акумуляторів. Ніякі вимоги в цьому випадку до освітленості не висуваються.

Залежно від розташування світильників розрізняють такі системи освітлення: загального освітлення з рівномірним розташуванням світильників, загального освітлення з локалізованим розташуванням світильників, комбінованого освітлення.

Система загального освітлення з рівномірним розташуванням світильників дає можливість створити велику рівномірність освітлення. Однак витрати на освітлення при цій системі будуть максимальними.

Система загального освітлення з нерівномірним розташуванням світильників більш економічна порівняно з першою. Однак при використанні цієї системи збільшується контрастність освітлення. Система застосовується, якщо необхідно створити підвищену освітленість на окремих робочих місцях за неможливості застосувати місцеве освітлення (у складально-зварювальних, ковальських цехах і т. ін.).

Таблиця 7.8

Освітленість робочої поверхні, створювана світильниками загального освітлення в системі комбінованого освітлення

Приміщення	Розряд роботи	Газорозрядними лампами, лк	Лампами розжарювання, лк
З природним світлом, освітленість:	1–8		
найбільша		500	100
найменша		150	50
Без природного світла	1а	750	300
	1б, 2а	600	300
	1в, 2б	500	300
	1г	300	200
	2в, 3а, 2г, 3б, 3в, 3г	400	300
	4, 5а, 5б	200	150

Комбінована система являє собою поєднання однієї з перших двох систем і місцевого освітлення. Достоїнство системи — економічність, недолік — велика контрастність освітлення. Систему рекомендується застосовувати при виконанні робіт першого — четвертого розрядів. Освітленість від світильників загального освітлення повинна становити 10 % нормованої освітленості, але вона повинна бути і не меншою від тих значень, які наводяться в табл. 7.8.

Застосування лише місцевого освітлення у виробничих умовах не допускається.

В адміністративних приміщеннях і лабораторіях застосовується ***архітектурне освітлення.*** Це світні панелі і карнизи, ніші відбитого світла, декоративні світильники і т. ін.

Освітленість проходів і дільниць, де не ведуться роботи, а також у приміщеннях, де виконуються роботи першого — четвертого розрядів, повинна становити 25 % нормованої освітленості, але не менш як 50 лк за умови використання газорозрядних ламп.

§ 7.9. Розрахунок освітлення

Розглянемо такі завдання на розрахунок освітленості:

А. Розрахунок освітленості за заданими параметрами системи освітлення;

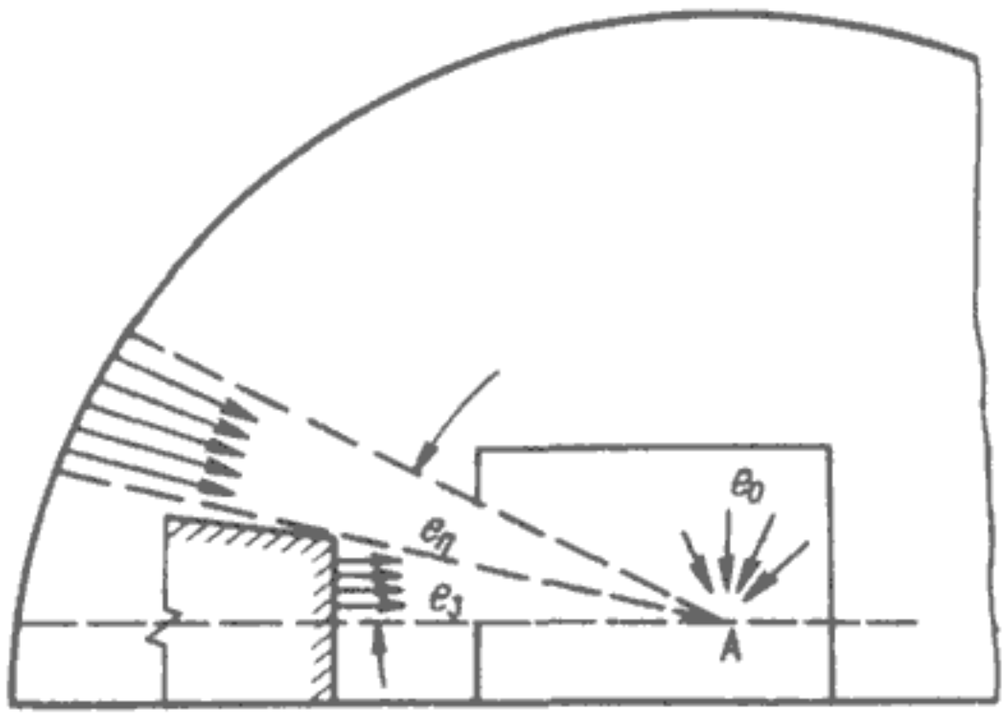


Рисунок 7.9
Схема до розрахунку природної освітленості

Б. Розрахунок величин параметрів системи освітлення, що забезпечують задану освітленість.

1. Розрахунок природної освітленості.

А. Розрахунок освітленості за заданими параметрами систем освітлення.

Освітленість у точці А будівлі (рис. 7.9) визначається за формулою:

$$e_т = e_п + e_о + e_з, \qquad (7.12)$$

де $e_п$ — коефіцієнт природної освітленості, який враховує світловий потік, що надходить від відкритої ділянки небесної сфери через світловий проріз;

$e_з$ — коефіцієнт природної освітленості, що враховує відбитий потік від сусіднього будинку і той, який пройшов через світлові прорізи;

$e_о$ — коефіцієнт природної освітленості, що враховує світловий потік багаторазового відбивання від стін, стель, устаткування тощо.

Значення коефіцієнта $e_п$ визначається за формулою:

$$e_п = e_{рп} \cdot \tau \cdot g, \qquad (7.13)$$

де $e_{рп}$ — коефіцієнт природної освітленості, який враховує світловий потік, що надходить до світлового прорізу від відкритої ділянки небосхилу;

g — коефіцієнт, що враховує нерівномірну яскравість небесної сфери.

Коефіцієнт g залежить від кута ам, який утворюється між горизонтальною поверхнею і прямою, що з'єднує розрахункову точку із центром світлового прорізу (рис. 7.10). Величини коефіцієнта g наведено нижче:

$\alpha_м$, °	15	30	45	60	75	90
g	0,65	0,85	1	1,15	1,2	1,25

Величина коефіцієнта τ залежить від типу переплетення, положення засклення, виділення пилу і т. ін.

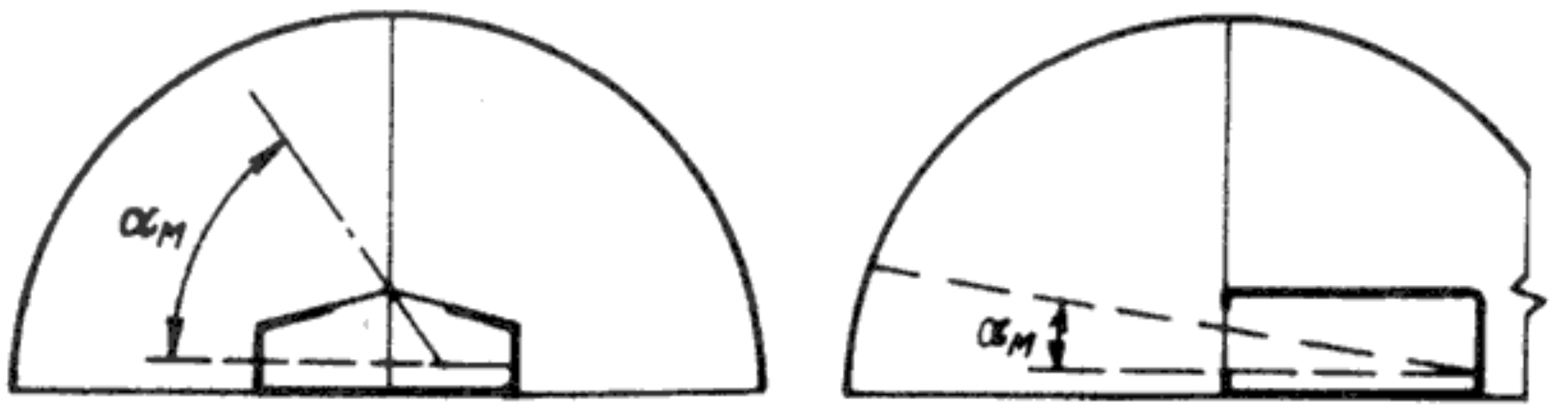


Рисунок 7.10
Схема до визначення кута $\alpha_м$

Коефіцієнт $e_{рп}$ визначається за формулою:

$$e_{рп} = 0{,}01 \cdot n_1 \cdot n_2,$$

де n_1, n_2 — кількість променів, що визначається за графіками Данилюка. Графіки Данилюка розроблено так.

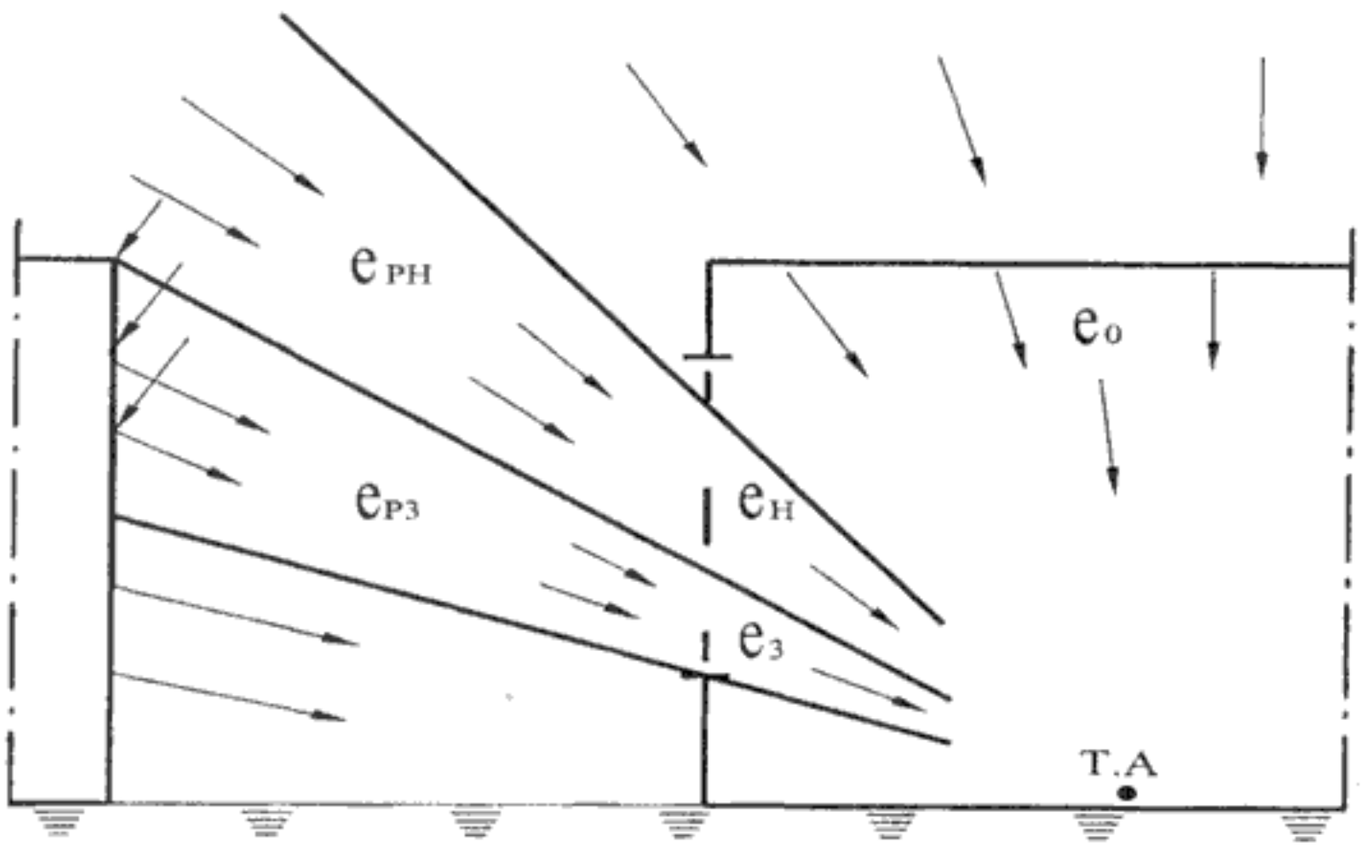


Рисунок 7.11
Схема до побудови графіків Данилюка

Припустимо, що необхідно розрахувати освітленість у довільно розташованій точці А в будинку (рис. 7.11). Неважко помітити, що вона визначається світловим потоком, що проходить через світловий проріз (вікно) і залежить від його ширини й висоти. З метою спрощення розрахунків припустимо, що світловий проріз відкритий (тобто без засклення) і коефіцієнт світлопропускания $\tau = 1$. Тоді для розрахунку освітленості точки А необхідно виділити величину світлового потоку, що проходить через вікно, із загального світлового потоку небесної півсфери, яка освітлює будинок. Для цього Данилюк запропонував небесну півсферу розділити на рівномірні ділянки по світловому потоку. Це можна зробити, розрізавши півсферу двома взаємно перпендикулярними площинами. Залишимо першу площину у вертикаль-

ному положенні, а другою, повертаючи навколо горизонтальної осі, розріжемо півсферу на 100 рівновеликих ділянок по світловому потоку (точнісінько так, як ріжемо кавун). Тоді на першій площині від поділу півсфери другою площиною залишиться 100 слідів, а кожен виділений кут становитиме 0,01 світлового потоку небосхилу. Це дає можливість виділити зі світлового потоку півсфери ту частину світлового потоку, що проходить через світловий проріз і обмежений його висотою. Так отримано перший графік Данилюка (рис. 7.11).

Виділена за першим графіком Данилюка частина світлового потоку не вся повністю потрапляє в будинок: світловий потік небосхилу обмежується також і шириною світлового прорізу (рис. 7.12). Щоб виділити із цієї частини потоку ту, котра потрапляє в будинок, побудовано аналогічним способом другий графік Данилюка. Для цього, залишивши другу площину у вертикальному положенні, повертають першу площину навколо горизонтальної осі і ділять півсферу ще раз на 100 рівновеликих ділянок по світловому потоку. Тепер уже на другій площині перша площина залишить 100 слідів, що і являють собою другий графік Данилюка.

Щоб визначити кількість променів (n_1), на перший графік Данилюка, суміщаючи розрахункову точку А з його центром, наносять вертикальний розріз будинку через світлові прорізи й визначають кількість променів, що пройшли через проріз (n_1).

Аналогічно на другий графік Данилюка наносять горизонтальний розріз будинку через світлові прорізи, суміщаючи точку А будинку із центром графіка, і визначають кількість променів, що пройшли через проріз (n_2) (рис. 7.12, б).

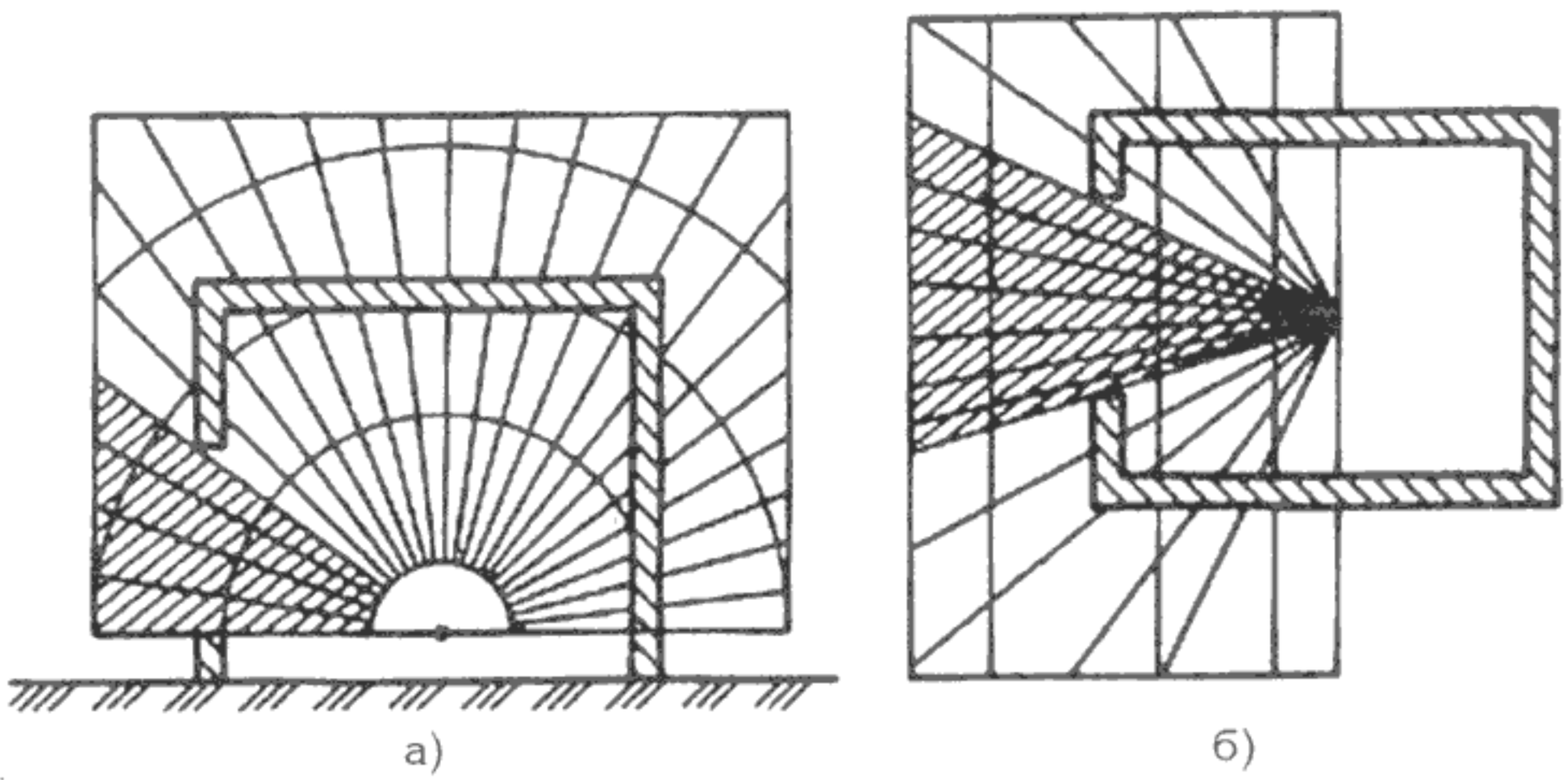


Рисунок 7.12
Схема до визначення променів n_1 і n_2

Коефіцієнт природної освітленості світловим потоком, відбитим від сусіднього будинку, що знаходиться навпроти, дорівнює

$$e_3 = 0,1 \cdot e_{рз} \cdot \tau, \qquad (7.14)$$

де $e_{рз}$ — розрахункова величина коефіцієнта природної освітленості за рахунок світла, відбитого від сусіднього будинку. Визначається аналогічно коефіцієнту $e_{рп}$ за графіками Данилюка.

Коефіцієнт $e_о$ визначається за формулою:

$$e_о = (e_п + e_з)(r - 1), \qquad (7.15)$$

де r — коефіцієнт, що враховує збільшення освітленості за рахунок світла, відбитого від стін і стель.

Б. Розрахунок параметрів систем освітлення, що визначають задану освітленість.

Щоб розв'язати цю задачу, спочатку вибирають основні параметри світлових прорізів (кількість шарів засклення, вид освітлення, переплетення і т. ін.), а потім визначають площу засклення за формулою:

$$S_в = S_о \cdot e_н \cdot \eta' \cdot k / (100 \cdot \tau \cdot r), \qquad (7.16)$$

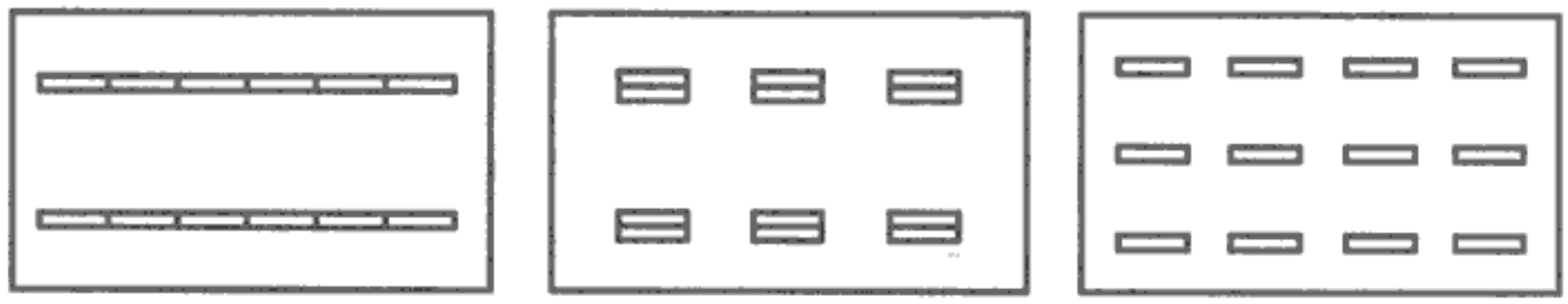
де η' — коефіцієнт, що враховує параметри світлових прорізів;
k — коефіцієнт, що враховує збільшення освітленості за рахунок відбитого світла від сусіднього будинку.

2. Розрахунок штучного освітлення.

Розраховуючи штучне освітлення, розв'язують ті ж задачі, що і при розрахунку природного. Для освітлення приміщень і будівель використовують точкові джерела світла й світні лінії.

Точкове — це таке джерело світла, максимальний розмір якого в п'ять разів менший за висоту його підвісу. ***Світні лінії*** утворюють ртутні лампи низького тиску, розташовані в лінію. Наприклад, щоб забезпечити освітлення приміщення висотою 5 м, необхідно встановити 12 світильників довжиною 1,5 м з лампами ЛБ-80.

Світильники можна розташувати послідовно у вигляді суцільної лінії або лінії з проміжками (рис. 7.13, а), блоками (рис. 7.13, б) і роздільно (рис. 7.13, в). У першому випадку можна вважати, що приміщення освітлюється світною лінією, в інших — точковими джерелами світла.



а) б) в)

Рисунок 7.13
Схема розташування світильників для ртутних ламп низького тиску

Освітленість у точці, яку створює точкове джерело світла (рис. 7.14), залежить від прямого світлового потоку, що надходить від світильника, і від потоку, відбитого від стін і стель.

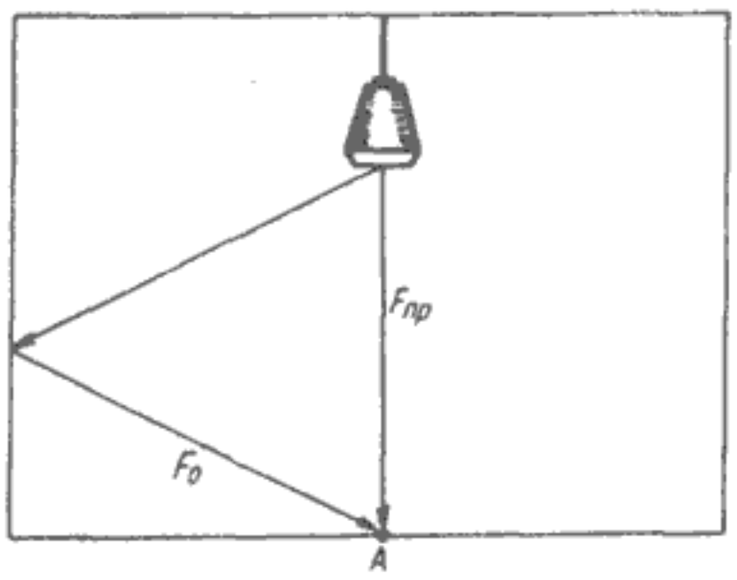


Рисунок 7.14
Схема до розрахунку освітленості поверхні системою штучного освітлення

Розраховуючи освітленість, залежно від того, який світловий потік враховується, застосовують такі методи:

1) за допомогою коефіцієнта використання світлового потоку (або за світловим потоком);
2) точковий (або за силою світла);
3) комбінований;
4) світними лініями.

А. Розрахунок освітленості за заданими параметрами системи освітлення.

1. Розрахунок освітленості за допомогою коефіцієнта використання світлового потоку.

Нехай коефіцієнт використання

$$\eta = F_в' / F_с' = (F_{пр} + F_{от}) / F_с', \qquad (7.17)$$

де $F_в'$ — світловий потік, що використовується;
$F_с'$ — загальний світловий потік від усіх світильників.
Світловий потік, що використовується,

$$F_в' = S_о E_{ср}, \qquad (7.18)$$

де $E_{ср}$ — середня освітленість, лк;
$S_о$ — освітлювана площа, м^2.

Загальний світловий потік світильників

$$F_c' = nF_c, \tag{7.19}$$

де n — кількість світильників;
F_c — світловий потік одного світильника.

Підставляючи отримані значення $F_в'$ і F_c' у формулу (7.17), дістанемо

$$\eta = S_o \cdot E_{ср} / (n \cdot Fc). \tag{7.20}$$

СНіП 2-4-79 встановлюють мінімальну освітленість. Щоб у формулі (7.20) перейти до мінімальної освітленості, вводиться коефіцієнт рівномірності освітлення z, який визначають за формулою:

$$z = E_{min} / E_{ср}, \tag{7.21}$$

де E_{min} — мінімальна освітленість приміщення, лк;
$E_{ср}$ — середня освітленість приміщення, лк.

Величина коефіцієнта z залежить від типу світильника і коливається в межах 0,7–0,95. З формули (7.21) $E_{ср} = E_{min} / z$.

Світловий потік, випромінюваний світильником, змінюється в часі. Це пов'язано із забрудненням світильника, зменшенням діаметра нитки розжарювання в лампах розжарювання, зміною люмінофора в газорозрядних лампах і т. ін. Це зменшення світлового потоку в розрахунках беруть до уваги, вводячи коефіцієнт запасу $K_з$ (табл. 7.5).

Підставивши у формулу (7.20) отримані значення $E_{ср}$, після введення коефіцієнта $K_з$ дістанемо

$$\eta = S_o \cdot E_{min} \cdot K_з / (n \cdot F_c \cdot z). \tag{7.22}$$

Коефіцієнт використання світлового потоку залежить від типу світильника, розмірів приміщення, кольору його стін тощо. За даних умов його величина постійна. Визначається він експериментально, а при розрахунках приймається за табл. 7.9.

Розраховуючи ***освітленість при заданих величинах параметрів системи освітлення,*** спочатку визначають показник приміщення за формулою:

$$I = ab / [H(a + b)], \tag{7.23}$$

де a, b — ширина і довжина приміщення;
H — висота підвісу світильника.

Таблиця 7.9

Коефіцієнти використання світлового потоку деяких типів світильників η, %

Показник приміщення	Глибоковипромінювач емальований (ГЕ)			«Універсаль» без затемнювача (Убз)			«Універсаль» з матованим затемнювачем (Умз)			«Універсаль» з опаловим затемнювачем (Уоз)		
0,5	19	21	25	21	24	28	14	17	21	12	15	19
0,7	29	31	34	32	35	38	23	26	29	20	24	28
1	36	38	40	40	42	45	30	32	35	27	30	33
1,5	41	43	46	46	48	51	35	37	40	32	34	38
2	44	46	49	50	52	55	39	40	43	36	38	41
3	49	51	53	55	57	60	43	45	47	41	43	46
5	52	54	57	58	60	63	46	48	51	45	47	50

Примітка. Для величин коефіцієнта η, наведених у стовпчиках 2, 5, 8, 11, коефіцієнти відбиття стелі $\rho_с$ = 30 і стін $\rho_{ст}$ = 10; для величин коефіцієнта η, наведених у стовпчиках 3, 6, 9, 12, $\rho_с$ = 50 і $\rho_{ст}$ = 30; для величин коефіцієнта η, наведених у стовпчиках 4, 7, 10, 13, $\rho_с$ = = 70 і $\rho_{ст}$ = 50.

Після цього за табл. 7.9 визначають коефіцієнт η, а потім — мінімальну освітленість у приміщенні за формулою:

$$E_{min} = \frac{n \cdot h \cdot F_c \cdot z}{S_o K_z}, [лк] \qquad (7.24)$$

Оскільки в розрахунку беруть до уваги відбитий світловий потік і визначають мінімальну освітленість при оптимальній відстані між світильниками, то цей метод розрахунку застосовується за наявності відбитого світла, тобто в приміщеннях зі світлими стелями й стінами, а також при рівномірному оптимальному розміщенні світильників.

2. Розрахунок освітленості точковим методом (або за силою світла).

Освітленість у точці А, розташованій у площині, перпендикулярній напрямку випромінювання сили світла (рис. 7.15), за формулою (7.3) з урахуванням формули (7.8) дорівнює:

$$E_п = F_с / S_п = I_с / L^2, \qquad (7.25)$$

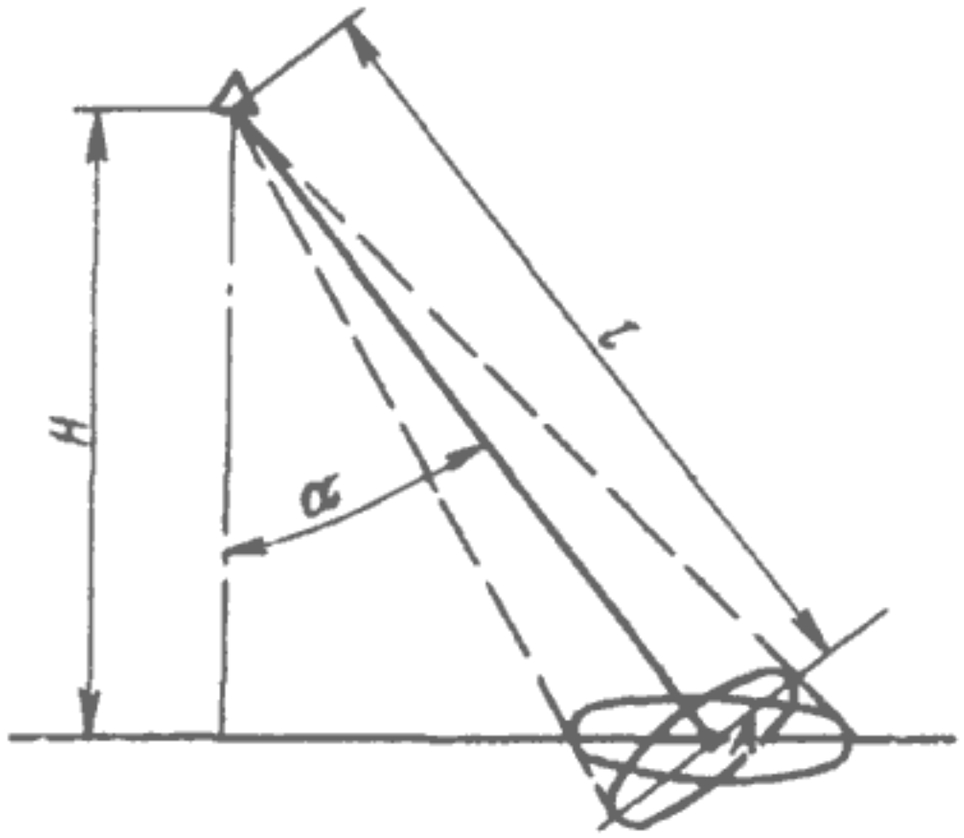


Рисунок 7.15
Схема до розрахунку освітленості точковим методом

де $S_п$ — площа освітлюваної поверхні в площині, перпендикулярній до падіння сили світла, м^2;
L — відстань точки від джерела світла, м.

Оскільки $H / L = \cos \alpha$, то $L = H / \cos \alpha$, і після підстановки отриманого значення L у формулу (7.25) і врахувавши значення $K_з$, будемо мати

$$E_п = I_с \cdot \cos^2\alpha / (H^2 \cdot K_з). \qquad (7.26)$$

Недоліком формули (7.26) є те, що для її застосування необхідно мати дані про просторовий розподіл сили світла, що залежить як від типу світильника, так і від потужності джерела світла.

Щоб спростити розрахунки за формулою (7.26), вводиться поняття «еквівалентна лампа», тобто лампа зі світловим потоком $F_е = 1000$ лм. З формули (7.2) $\omega = F_с / I_с$, тоді $F_с / I_с = F_е / I_е$, звідки $I_с = F_с I_е / 1000$, і формула (7.26) набуває вигляду

$$E_п = F_с \cdot I_е \cdot \cos^2\alpha / (1000 \cdot H^2 \cdot K_з).$$

Освітленість горизонтальної поверхні

$$E_г = F_с / S_г, \qquad (7.27)$$

де $S_г$ — площа освітлюваної поверхні на горизонтальній площині (див. рис. 7.16).
Оскільки $S_п / S_г = \cos \alpha$, то

$$S_г = S_п / \cos \alpha. \qquad (7.28)$$

Підставивши $S_г$ з формули (7.28) у формулу (7.27), дістанемо

$$E_г = F_с / S_п \cdot \cos \alpha = E_п \cdot \cos \alpha = (F_с \cdot I_е \cdot \cos^3\alpha) / (1000 \cdot H^2 \cdot K_з). \qquad (7.29)$$

Розраховуючи освітленість за допомогою цього методу, визначають освітленість у точці, створюваній окремо кожним світильником.

Загальна освітленість у точці $E_т = E_1 + \ldots + E_n$, де $E_1 \ldots E_n$ — освітленість у точці, створюваній окремими світильниками.

Даний метод застосовується в тих випадках, коли можна знехтувати відбитим світлом, тобто в приміщеннях з темними стелями й стінами, місцевій, зовнішній освітленості тощо.

3. Розрахунок освітленості комбінованим методом.

Розраховуючи освітленість комбінованим методом, використовують обидва раніше розглянутих методи. При цьому за допомогою першого методу визначається освітленість у точці, створюваній тільки відбитим світлом $E_{від}$, з урахуванням коефіцієнта використання відбитого світлового потоку $\eta_о$, який визначають за формулою $\eta_о = F_{від} / F_о$.

За допомогою другого методу визначається освітленість прямим світловим потоком Fпр; при цьому загальна освітленість у точці $E_т = E_{від} + E_{пр}$.

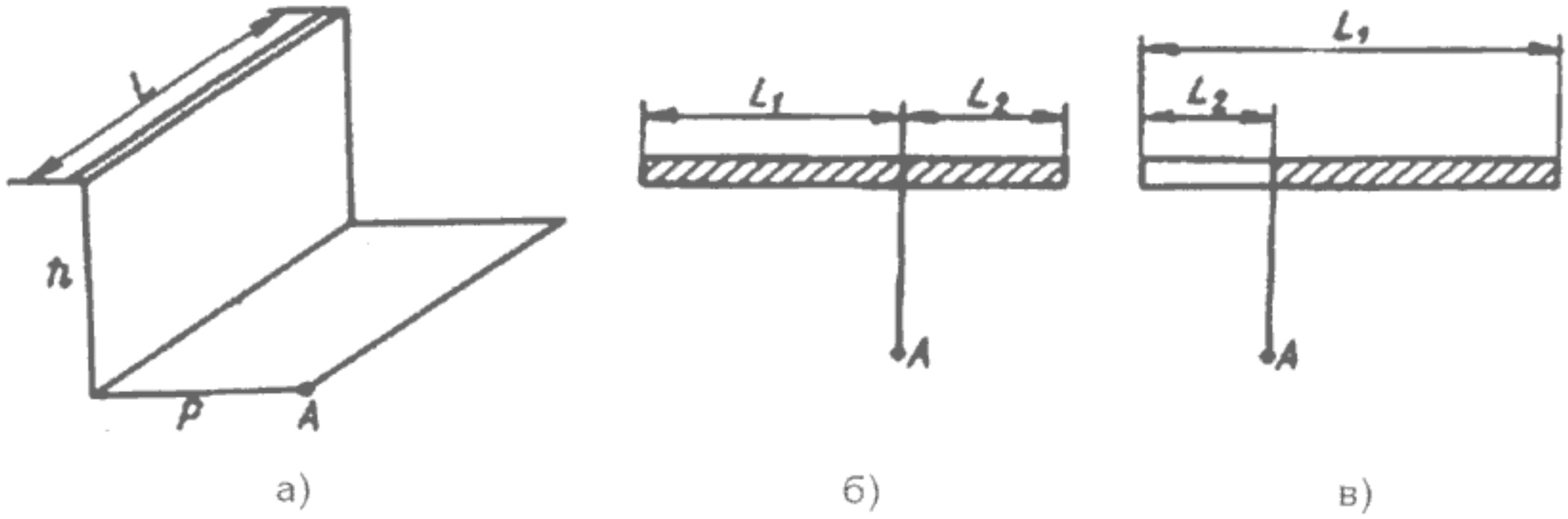
Метод застосовують для розрахунку освітленості в приміщеннях зі світлими стелями й стінами (не годиться точковий метод) і при нерівномірному розташуванні світильників (непридатний метод по світловому потоку).

4. Розрахунок освітленості світними лініями.

Щоб освітлювати приміщення, що мають невелику висоту (до 3–4 м), застосовують ртутні лампи низького тиску. Такі лампи мають велику довжину (0,8–1,5 м), незначну потужність і, отже, невеликий світловий потік (3000–4000 лм). Щоб створити в приміщенні нормовану освітленість, необхідно встановити в приміщенні велику кількість світильників. Зорові відчуття освітленості приміщення залежать також від порядку їх встановлення. Так, встановлення світильників роздільно (рис. 7.16, в) викликає неприємні відчуття, тому такий порядок застосовується рідко. Розміщення світильників блоками (див. рис. 7.16, б) дає змогу поліпшити якісні й економічні показники освітленості. Розташування світильників у вигляді світних ліній (див. рис. 7.16, а) набув найбільш широкого застосування. В останньому випадку при висоті приміщень до 5 м світильники не можна вважати точковими, тому застосовувати для розрахунку освітленості раніше розглянуті методи не можна.

Методики розрахунку освітленості за допомогою світних ліній розроблено для випадку, коли освітленість точки зумовлена тільки однією світною лінією. При цьому точка А лежить у площині, що проходить через її кінець (рис. 7.16, а). Якщо точка освітлюється декількома лініями, то освітленість визначається кожною лінією окремо. Тоді загальна освітленість точки дорівнюватиме $E_т = E_1 + E_n$.

Розрахунок освітленості E_n здійснюється графоаналітичним методом, описаним у спеціальній літературі.



а) б) в)

Рисунок 7.16

Розташування точок при розрахунку освітленості методом світних смуг

Якщо точка лежить напроти лінії (рис. 7.16, б*)*, то лінія поділяється на дві частини так, щоб вона лежала в площині, що проходить через їх кінці, й освітленість у точці визначається кожною лінією окремо. У цьому випадку освітленість точки дорівнюватиме їх сумі, тобто:

$$E_т = E_1 + E_2. \qquad (7.30)$$

Коли розрахункова точка лежить за межами світної лінії, то лінія продовжується до площини, що проходить через розрахункову точку (рис. 7.16, в) й освітленість у точці розраховується з умови освітленості точки всією лінією й окремо тільки умовною продовженою роздільно. Освітленість у точці дорівнюватиме різниці отриманих результатів, тобто:

$$E_т = E_1 - E_2. \qquad (7.31)$$

Б. Розрахунок параметрів систем освітлення, що забезпечують задану освітленість.

Метод світлового потоку.

Дана задача розв'язується при проектуванні систем освітлення приміщень і будівель, їх реконструкції.

Розв'язуючи цю задачу методом світлового потоку, спочатку вибирають тип світильника і визначають коефіцієнт λ. Потім за формулою (7.11) знаходять відстань між світильниками. Їх кількість визначають з виразу:

$$n = S_o / L^2, \qquad (7.32)$$

а світловий потік одного світильника за формулою:

$$F_c = S_o \cdot E_{min} \cdot K_з / (\eta \cdot n \cdot z). \quad (7.33)$$

Якщо розрахована за формулою (7.33) величина світлового потоку перевищує номінальну потужність світильника, то для зниження витрат на освітлення рекомендується в обраній точці встановлювати кілька світильників.

§ 7.10. Індивідуальні засоби захисту зорового апарату

Ушкодження зорового апарату залежно від впливу небезпечних виробничих факторів можна поділити на травми, хімічні і термічні опіки, ушкодження енергією випромінювання тощо.

Найбільша й найрізноманітніша група — *механічні травми.* Легкі травми можливі внаслідок потрапляння в очі дрібних частинок, що мають невелику швидкість руху: пилових частинок, дрібної стружки і т. ін. При великій швидкості руху частинок й особливо відлітаючих осколків, що утворюються під час рубання металів, клепки і т. ін., можливі важкі ушкодження очей. Характерно, що поранення дрібними осколками не призводить до таких різких больових відчуттів, як при потраплянні в око пилових частинок. Тому в кожному випадку ушкодження зорового апарату необхідно звертатися за допомогою до лікаря.

Нерідко трапляються випадки *хімічних опіків очей кислотами, лугами, різними барвниками* і т. ін. При цьому опіки кислотами викликають різкий біль. Але опіки кислотами не поширюються вглиб тканини, тому менш небезпечні, ніж опіки лугами.

Луги, потрапивши в очі, спочатку не викликають сильного болю, що заспокоює потерпілого. Але через кілька днів (шість–вісім) стан здоров'я різко погіршується і можлива навіть повна втрата зору. Це пояснюється тим, що луг, не затримуючись на поверхні тканини, проникає вглиб і руйнує її.

Велику небезпеку для очей становлять *етильований бензин і метиловий спирт.* Їх потрапляння ушкоджує зоровий нерв і може призвести до повної сліпоти. При ураженні цими речовинами також спостерігається тривалий прихований період їхньої дії.

Дуже небезпечним є *ушкодження зорового апарату енергією випромінювання.* Особливо небезпечне ультрафіолетове випромінювання, що утворюється при всіх процесах, що мають високу температуру окремих елементів (зварювання й різання металів, горіння електроламп і т. ін.).

У більшості випадків основна кількість енергії випромінювання припадає на інфрачервоне випромінювання (60–70 % при електрозварюванні). Але оскільки інфрачервоне випромінювання має невелику енергію, то в більшості випадків особливої небезпеки не становить.

Значно менше енергії загального випромінювання при зварюванні припадає на видиму ділянку спектра (20–25 %). Інтенсивність цієї енергії невелика.

На ультрафіолетове випромінювання, як правило, припадає невелика частка від загального випромінювання (2–4 %). Ультрафіолетове випромінювання не сприймається зоровим апаратом, але має енергію у 2,5–3 рази більшу, ніж інфрачервоне випромінювання. Тому навіть короткочасний вплив ультрафіолетового випромінювання (5–10 хв) призводить до захворювання слизової оболонки ока — *електроофтальмії.* Особливість цього захворювання — великий прихований період, больові відчуття з'являються через 8–10 год. після опромінення. Систематичний вплив ультрафіолетового випромінювання викликає *помутніння хрусталика ока (катаракту).*

Щоб захистити очі від ушкоджень, застосовують окуляри. Їхню конструкцію підбирають залежно від можливого впливу шкідливого чи небезпечного виробничого фактора. Так, щоб захистити очі від механічних ушкоджень, використовуть закриті окуляри зі спеціальними небиткими скельцями. Для захисту очей від впливу енергії випромінювання (залежно від інтенсивності її потоку) застосовують закриті або відкриті окуляри з кольоровими скельцями необхідної щільності тощо.

Контрольні запитання

1. *Чому необхідно періодично проводити реконструкцію систем освітлення промислових будівель?*
2. *Що являє собою світловий потік?*
3. *Які розходження існують між суб'єктивними й об'єктивними приладами вимірювання світлових характеристик?*
4. *З якою метою нормується природна освітленість у будівлях?*
5. *Для чого застосовується коефіцієнт природної освітленості?*
6. *Чому при верхньому освітленні нормується середній коефіцієнт освітленості, а при боковому — мінімальний?*
7. *Чому теплові джерела світла не підлягають подальшому удосконалюванню?*

8. *Які конструктивні особливості світильників, призначених для освітлення механічних і деревообробних цехів?*
9. *Чому методи розрахунку штучного освітлення не є взаємозамінними?*
10. *Чому нормативними документами для освітлення промислових приміщень рекомендуються газорозрядні лампи?*
11. *Які види освітлення слід передбачити для складально-зварювальних, механічних і ковальських цехів?*
12. *Які системи освітлення слід передбачити для механічних і складально-зварювальних цехів?*
13. *Яким методом можна розрахувати освітленість у механічному і складально-зварювальному цехах?*
14. *Як розрахувати освітленість приміщення від ртутних ламп низького тиску?*
15. *Чому не можна використовувати ксенонові й натрієві газорозрядні лампи в механічних цехах?*
16. *Чому люксметр показує не освітленість, а умовні значення, за допомогою яких оцінюють освітленість?*

Розділ 8
ЗАХИСТ ВІД ВІБРАЦІЇ, ШУМУ, ІНФРА- ТА УЛЬТРАЗВУКІВ

§ 8.1. Стан шуму і вібрації на підприємствах

Середній рівень шуму на підприємствах при нормі 80 дБ досягає в корпусних цехах 98 дБ, у деревообробних — 100 дБ, у слюсарно-монтажних — 102 дБ, а на робочих місцях у цих цехах — відповідно 113, 112, 104 дБ. Якщо врахувати, що підвищення рівня звукового тиску на 6–7 дБ рівносильне підвищенню рівня гучності у два рази, то збільшення шуму на 32 дБ перевищує санітарні норми у 25–30 разів.

Високі рівні шуму призводять до ушкодження органів слуху. Підвищення порога чутності в суднобудівників на 20 дБ при стажі роботи до 5 років становить 24 % від кількості обстежених, при стажі 5–10 років — 57 %, при стажі понад 10 років — 75 %, тобто при стажі роботи, що перевищує 10 років, тільки в одного робітника з чотирьох слух залишається нормальним.

Великими є і рівні вібрації 110–115 дБ, що спричинюють віброхворобу. Питома кількість хворих на віброхворобу і професійну глухоту становить 45 % від загальної кількості працівників, що мають професійні захворювання.

Нині аналіз виробничого травматизму й інших захворювань, причиною яких є шум і вібрація, не проводиться на належному рівні. Однак можна констатувати, що виникнення цих захворювань, безперечно, пов'язане з впливом шуму.

§ 8.2. Загальні відомості про інфра- та ультразвуки, шум і вібрацію

Коливальні процеси, пов'язані з електромагнітними, повітряними, механічними та іншими коливаннями, — одні з найпоширеніших процесів у природі.

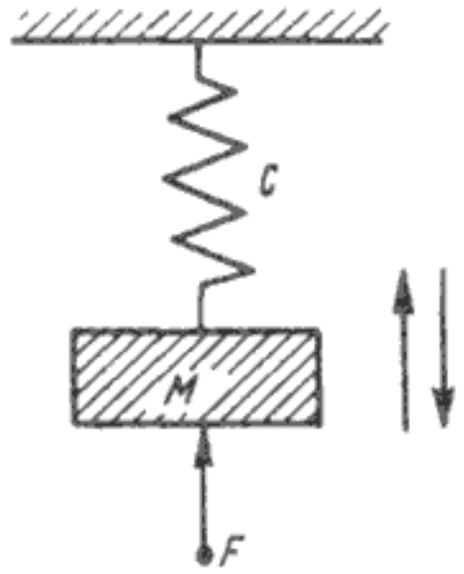


Рисунок 8.1
Схема найпростішої коливальної системи

Найпростіша механічна коливальна система являє собою вантаж з постійною масою *M*, підвішений на пружному елементі, наприклад пружині *C* (рис. 8.1). У стані спокою вантаж займає якесь певне постійне положення в просторі. Вага вантажу урівноважується пружними силами пружини, тобто дорівнює силі розтягу пружини *F*. Якщо за допомогою зовнішньої сили вивести цю систему з рівноваги, то вантаж почне коливатися. Основні характеристики коливань — амплітуда (максимальне переміщення точок, *A*, мм); частота коливань (кількість коливань за секунду, *f*, Гц); коливальна швидкість (швидкість переміщення вантажу, *V*, м/с); коливальне прискорення (*W*, м/с^2).

Зв'язок між цими величинами можна виразити таким чином: $V = 2\pi / A$, $W = (2\pi f)^2 \cdot$A. Розрізняють вільні, вимушені і резонансні коливання. ***Вільними*** називаються коливання, що відбуваються під дією внутрішніх сил: інерційної — пропорційної масі вантажу і швидкості його руху, і пружної — пропорційної деформації пружини. Справді, завдяки прикладанню зовнішньої сили, що піднімає вантаж, зменшується пружна сила пружини. Тому, коли припиняється дія цієї сили, вантаж буде рухатися вниз. Як результат руху виникає інерційна сила — і вантаж здобуває запас кінетичної енергії. Максимальну швидкість, а отже, і максимальний запас кінетичної енергії вантаж буде мати в точці рівноваги. Вантаж проходить цю точку і кінетична енергія переходить у потенційну. Деформація пружини порівняно зі станом рівноваги буде збільшуватися. Коли вантаж зупиниться в нижньому положенні, кінетична енергія повністю перейде в потенційну, деформація пружини буде максимальною і під її дією вантаж почне здійснювати зворотний рух. В ідеальному випадку, тобто якби енергія не витрачалася на тертя, така система перебувала б у коливальному стані весь час. Однак у реальних системах частина енергії витрачається на тертя, тому амплітуда коливань буде зменшуватися, тобто коливання будуть згасати.

Вимушеними називаються коливання, які виникають під дією постійної зовнішньої сили, що повністю повинна відшкодувати системі втрати енергії на тертя, наприклад, коливання маятника в годиннику.

Резонансні коливання виникають тоді, коли частота вільних коливань системи збігається з частотою впливу зовнішньої сили. У цих випадках амплітуда системи весь час збільшується, що може спричинити механічне руйнування системи.

Механізми, устаткування й машини — це поєднання окремих елементів, деталей, частин, що мають масу й характеризуються пружністю матеріалу, з якого виготовлені. Отже, вони є самостійними коливальними системами. На ці системи

в процесі роботи періодично діють сили. В одних випадках ці сили зумовлені неврівноваженістю окремих частин, в інших — їх інерційністю. Оскільки окремі елементи мають задані постійні масу й пружність і на них діють в умовах усталеного режиму роботи періодичні сили з постійною частотою, то кожен елемент устаткування здійснює вимушені коливання з постійними частотою і коливальною швидкістю. Ці коливання, накладаючись одне на одне, передаються на корпус, тому в цілому устаткування здійснює коливання в широкому діапазоні частот.

Якщо взяти, наприклад, одноступінчатий редуктор, то в результаті співударяння зубців зубчасті колеса будуть здійснювати коливання з постійними частотою й амплітудою. Крім того, унаслідок неточності центрування вали також будуть завдавати ударів по підшипниках. При цьому спостерігатиметься своя частота зіткнень, тому вали й підшипники будуть коливатися зі своїми частотою і коливальною швидкістю. Ці коливання, накладаючись одне на одного, будуть передаватися на корпус, який здійснюватиме коливання в широкому діапазоні частот.

Механічні коливання окремих частин устаткування називаються ***вібрацією***. Її характеристиками є розглянуті вище характеристики коливальних систем, тобто амплітуда, частота, коливальна швидкість, коливальне прискорення.

Мінімальні значення коливальної швидкості $V = 5\times10^{-8}$ м/с і коливального прискорення $W = 3\times104$ м/с, які безпосередньо може сприймати людина, називаються ***порогом відчуття***.

У результаті коливання елементів устаткування частина вібраційної енергії передається й у навколишнє середовище. Загальна кількість цієї енергії, переданої устаткуванням у навколишнє середовище за одиницю часу, називається ***акустичною,*** або ***звуковою, потужністю*** і вимірюється у ватах (Вт).

При коливанні в повітряному середовищі виникають зони з підвищеним і зниженим тиском. Коли вантаж рухається вниз (див. рис. 8.1), то середовище під вантажем ніби стискується й утворюється зона з підвищеним тиском. При цьому частинки середовища набувають швидкості поступального руху, тому коли вантаж починає рухатися вгору, зона з підвищеним тиском продовжує рухатися в попередньому напрямку і під вантажем утворюється зона зі зниженим тиском.

При подальшому русі під вантажем знову утворюється зона з підвищеним тиском і т. ін., тобто зони з підвищеним і зниженим тисками ніби чергуються і, набуваючи поступального руху в повітряному середовищі, розходяться навколо устаткування. Ці зони, поширюючись у повітряному середовищі, досягають слухового апарату людини, де і перетворюються в електричний струм. Останній по нервових тканинах передається в мозок людини і викликає відчуття, які дістали назву звуку. Ці миттєві зміни тиску називаються ***звуковим тиском*** і вимірюються в Па.

Коливання звукового тиску з постійною частотою називаються ***звуками***. Поєднання звуків різної частоти й інтенсивності, що заважають нормальній роботі людини, називаються ***шумом***.

Кількість енергії, що проходить за одиницю часу через одиницю площі, яка перпендикулярна напрямку поширення хвилі, називається ***силою, або інтенсивністю, звуку***.

Залежність між силою звуку I і звуковим тиском P, Вт/м^2 має вигляд:

$$I = P^2 / (\rho \cdot c), \tag{8.1}$$

де ρ — густина середовища;

c — швидкість поширення звуку в цьому середовищі.

Мінімальні значення звукового тиску й сили звуку, які може сприймати людина, називаються ***порогом чутності*** (чи сприйняття). На частоті f = 1000 Гц вони рівні: $I_o = 10^{-12}$ Вт/м^2, $P_o = 2\times10^{-5}$ Па. Максимальні значення звукового тиску й сили звуку, які може сприймати людина, називаються ***порогом больового відчуття***. На частоті f =1000 Гц вони дорівнюють $I_б$ = 102 Вт/м^2 і $P_б = 2\times102$ Па. Такий великий діапазон сприйняття сили звуків (1014 Вт/м^2) пояснюється тим, що сприйняття має логарифмічний характер.

Наприклад, при зміні сили звуку від 100 Вт/м^2 до 10 Вт/м^2, тобто на 90 Вт/м^2, сприйняття звуку буде таким же, як і при зменшенні сили звуку з 10 Вт/м^2 до 1 Вт/м^2, тобто тільки на 9 Вт/м^2, чи з 1 Вт/м^2 до 0,1 Вт/м^2, тобто тільки на 0,9 Вт/м^2. Завдяки цій властивості органів слуху людина може не тільки сприймати силу звуку в таких великих межах, а й збільшувати чутність слухового апарату з переходом до більш слабких звуків.

Для відображення властивості органів слуху людини змінювати чутність зі зміною сили звуку для характеристики шуму вводиться поняття «рівень сили (інтенсивності) звуку», що визначається за формулою

$$L_1' = A_1 lg\, I, \tag{8.2}$$

де A_1 — коефіцієнт пропорційності. При A = 10 рівень сили шуму вимірюється в децибелах (дБ).

На практиці в більшості випадків треба визначити, наскільки рівень сили заданого звуку L_3' перевищує рівень сили іншого звуку L_1', тобто:

$$L = L_3' - L_1'. \tag{8.3}$$

Підставляючи значення L_3' і L_1' з формули (8.2) у формулу (8.3), дістанемо:

$$L = 10 lg I_3 - 10 lg I_1 = 10 lg \frac{I_3}{I_1}. \quad (8.4)$$

Вираз (8.4) називається перевищенням рівня сили звуку L_3' над L_1'. Щоб спростити порівняння отриманих результатів, умовилися у всіх випадках приймати I_0 у значенні I_1', тобто знаходити перевищення рівня сили заданого звуку L_3' над порогом чутності. Оскільки завжди визначається перевищення рівня сили звуку над порогом чутності, то слова «над порогом чутності» опускаються.

Отже, за формулою (8.4) визначається рівень сили звуку. Підставляючи I з формули (8.1) у залежність (8.4), одержимо рівень звукового тиску:

$$L = 20 lg \frac{P_3}{P_0}. \quad (8.5)$$

Останнім часом на позначення характеристики шуму віддають перевагу терміну «рівень звукового тиску».

Ще одна особливість сприйняття звуків органами слуху — залежність слуху від частоти коливань. У повітрі, що є основним середовищем для передавання звукових коливань до органів слуху, частота коливань змінюється до декількох сотень тисяч герц.

Рисунок 8.2
Область слухового сприйняття: 1 – поріг чутності; 2 – поріг больового відчуття

Залежно від сприйняття звуків органами слуху цей діапазон поділяється на три області (рис. 8.2).

Перша з частотами коливань до 10–20 Гц називається ***областю інфразвуків***. Органи слуху людини ці коливання не сприймають.

Друга область з частотами коливань від 16–20 до 16 000–20 000 Гц називається ***областю чутних звуків***.

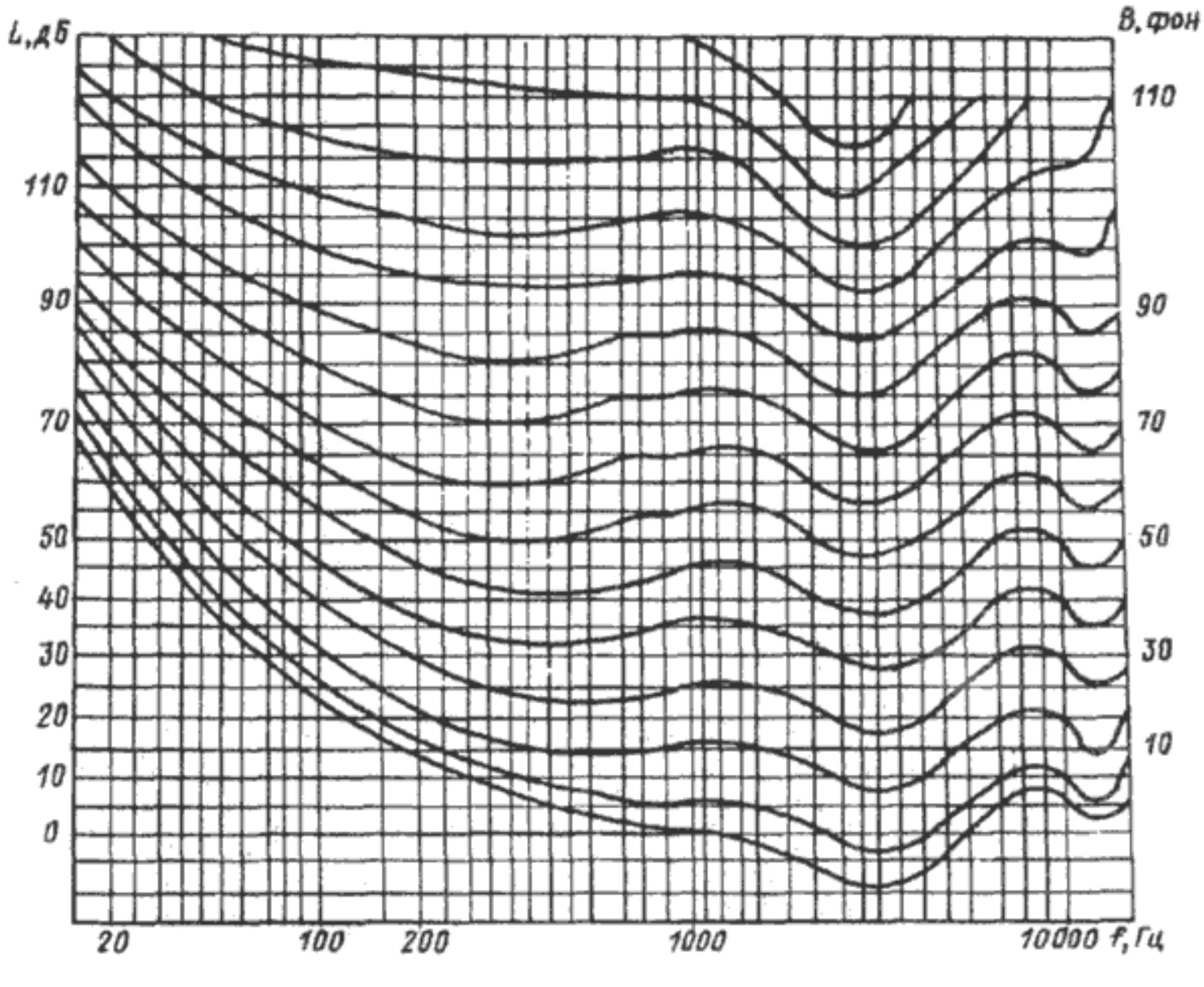


Рисунок 8.3
Криві рівної гучності звуків

Третя область з частотами коливань понад 16 000–20 000 Гц називається ***областю ультразвуків***. Ці коливання також не сприймаються органами слуху.

Характеристики шуму: звукова енергія, звуковий тиск, сила звуку, рівень сили звуку, частота — називаються об'єктивними характеристиками шуму. Вони не враховують силу сприйняття шуму людиною і тому не дають правильного уявлення про її суб'єктивні відчуття.

З метою суб'єктивного оцінювання звуків з різними частотами введено поняття «гучності звуків». ***Гучність*** — це сила сприйняття звуків органами слуху людини, тобто суб'єктивна характеристика шуму. За одиницю гучності прийнято умовну величину, тобто гучність звуку частотою 1000 Гц на порозі чутності. Аналогічно рівню сили шуму вводиться поняття «рівень гучності шуму». Одиницею вимірювання рівня гучності шуму B є фон. Порівнюючи гучності звуків на різних частотах, можна побудувати криві рівної гучності (рис. 8.3).

§ 8.3. Вплив шуму й вібрації на організм людини

Безпосередній контакт із вібруючими частинами устаткування й висока провідність механічних коливань тканинами тіла зумовлюють поширення вібрації по всьому організму людини. При цьому окремі органи можна розглядати як самостійні коливальні системи. Справді, голова людини має масу і пружний елемент —

шию. Отже, вона являє собою коливальну систему. Аналогічно можна розглядати й інші органи: серце, руки, ноги тощо. При цьому кожен орган має свої масу і пружний елемент, а тому і свою частоту вільних коливань, що залежить також від положення організму в просторі. Так, вільна частота коливань голови при положенні людини стоячи — 4–5 Гц, сидячи — 20–30 Гц, лежачи — 300–400 Гц.

Велике значення має місце контакту організму з вібруючою поверхнею. Якщо людина стоїть на вібруючій поверхні, наприклад на підлозі, то вібрація поширюється по всьому організму. Така вібрація називається ***загальною***. При загальній вібрації всі органи людини перебувають у коливальному стані, тому уникнути резонансних коливань окремих органів дуже важко. У цьому — основна причина великої небезпеки загальної вібрації.

Вібрація може передаватися організму через руки, наприклад, під час роботи ручним інструментом. У цьому випадку, змінюючи просторове положення рук або їх фізичну напруженість, можна змінювати як інтенсивність передачі коливань організму, так і частоту вільних коливань і в такий спосіб виключити можливість поширення резонансних коливань. Така вібрація називається ***місцевою***. Вона менш небезпечна, ніж загальна.

Періодичний короткочасний вплив вібрації на організм людини порушує нормальну роботу серцево-судинної, нервової й інших систем, а також роботу слухового й зорового апаратів. Це призводить до зниження активності захисних систем організму, порушення їхньої роботи, підвищення стомлюваності й у підсумку — до зниження працездатності людини. З огляду на це, вібрацію можна також вважати причиною нещасних випадків та аварій. Систематичний вплив вібрації протягом тривалого часу (10–15 років) на організм людини призводить до професійного захворювання — віброхвороби.

Інфразвуки органами слуху не сприймаються. Вплив інфразвуків на організм людини вивчено ще недостатньо. Вважається, що інфразвуки з рівнем звукового тиску до 130 дБ на людину практично не впливають. Однак вони сприяють підвищенню небезпеки звуків області чутного діапазону, тобто небезпека звуків чутного діапазону при спільній їхній дії з інфразвуками трохи збільшується.

При рівнях звукового тиску інфразвуків 140 дБ навіть при їх періодичному впливі збільшується поріг чутності щодо сприйняття звуків на 15–20 дБ. Людина втрачає просторову орієнтацію, з'являються відчуття непевності, страху, утоми, слабкості, головного болю, запаморочення, порушується робота аналізаторів (зорового і слухового) тощо. Тому це може призвести не тільки до нещасних випадків, а й до аварій і катастроф.

Аналогічно вібрації впливає на людину і шум. При рівнях шуму 85–90 дБ навіть за умови короткочасного його впливу в людини з'являються описані вище

хворобливі симптоми. Систематичний вплив шуму призводить до професійної глухоти — *невриту слухового апарату.* Небезпека шуму різко збільшується з підвищенням частоти звуків, а також при поєднанні впливу шуму й вібрації. Так, шум молота великої інтенсивності (115–120 дБ) людина сприймає набагато легше, ніж високочастотний шум вентилятора.

Ультразвуки також спричинюють порушення роботи нервової, серцево-судинної й інших систем організму людини.

§ 8.4. Нормування інфра- та ультразвуків, шуму й вібрації

Небезпечний вплив вібрації, шуму, ультра- та інфразвуків на організм людини з підвищенням частоти збільшується. Тому при нормуванні всі ці коливання поділяються на октави. *Октава* — це область звуків, у межах якої верхня частота у два рази більша за нижню. Октава характеризується середньогеометричною частотою, яку визначають за формулою $f_{ср} = \sqrt{f_н f_в}$, де $f_н$, $f_в$ — нижня і верхня частоти октави. Оскільки $f_в = 2 f_н$, то $f_{ср} = 1{,}44 f_н$. Нормованими параметрами вібрації є середньоквадратичні значення віброшвидкості й віброприскорення, а також їхні логарифмічні рівні в октавних і третьоктавних смугах, кориговані й еквівалентно кориговані значення віброшвидкості й віброприскорення.

Таблиця 8.1

Допустимі значення рівнів віброшвидкості загальної вібрації, дБ

Вібрація	Середньогеометрична частота октавних смуг, Гц					
	2	4	8	16	31,5	63
Транспортна для осей:						
Z	132	123	114	108	107	107
X, Y	122	117	116	116	116	116
Транспортно-технологічна	117	108	102	101	101	101
Технологічна на робочих місцях: постійних у виробничих приміщеннях	108	99	93	92	92	92
будь-яких, де немає машин, які генерують вібрацію	100	91	85	84	84	84
для працівників розумової праці	91	82	76	75	75	75

Таблиця 8.2

Допустимі значення локальної вібрації

Характеристика вібрації	Середньогеометрична частота октавних смуг, Гц							
	8	16	31,5	63	125	250	500	1000
Віброшвидкість, м/с	2,8	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4
Рівень віброшвидкості, дБ	115	109	109	109	109	109	109	109

Граничні значення загальної вібрації, встановлені «Санітарними нормами вібрації робочих місць» (СН 3044-88) залежать від місця розташування джерела її утворення. Розрізняють транспортну, транспортно-технологічну і технологічну вібрації. Технологічна вібрація залежно від місця розташування джерела її утворення може виникати на постійних робочих місцях виробничих приміщень; на будь-яких робочих місцях виробничих приміщень, де немає машин, що генерують вібрацію; на робочих місцях у приміщеннях для працівників розумової праці. При нормуванні транспортної загальної вібрації враховують напрямок її дії на оператора вздовж осей ортогональної проекції системи координат, пов'язаної з положенням у просторі тіла й рук робітника. Прийнято, що Z — вертикальна вісь, X, Y — горизонтальні осі. Допустимі рівні віброшвидкості загальної вібрації наведено в табл. 8.1.

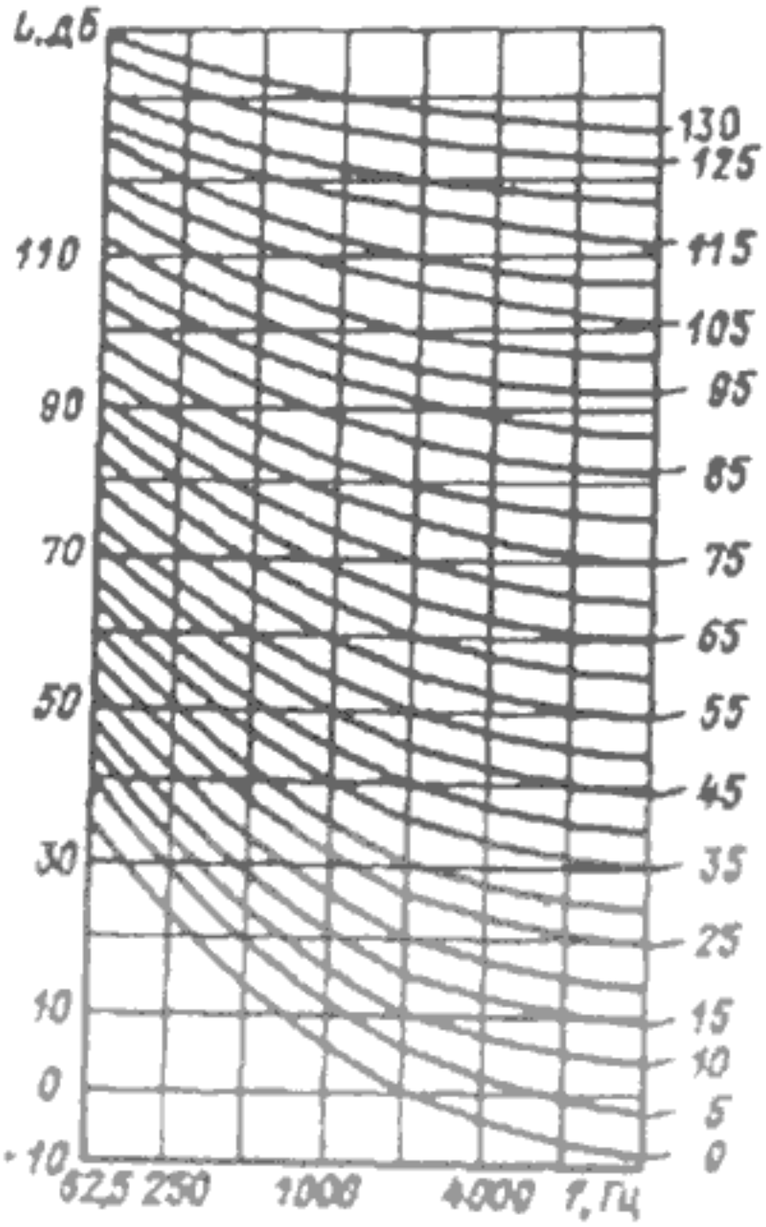


Рисунок 8.4

Криві для оцінювання рівнів звукового тиску шуму на людину

Граничні значення локальної вібрації встановлюють «Санитарные нормы и правила при работе с машинами и оборудованием, создающим локальную вибрацию, передающуюся на руки работающих» (СНіП 3041-84). Допустимі значення локальної вібрації наведено в табл. 8.2.

При нормуванні шуму використовують два методи: перший — нормування рівня звукового тиску, дБ; другий — нормування за граничними спектрами.

Перший метод — наближений. Він полягає в тому, що за допомогою об'єктивного шумоміра вимірюється загальний рівень звукового тиску за коригованою шкалою А. Метод застосовується з

метою грубого оцінювання шуму. Другий метод — основний. При його розробці враховано рекомендації технічного комітету 43 Міжнародної організації по стандартизації (ISO) (рис. 8.4).

Сукупність допустимих рівнів звукового тиску в октавних смугах називається *граничними спектрами* (ГС). Кожен ГС має номер, що відповідає рівню звукового тиску на частоті 1000 Гц.

У 1985 р. було затверджено нові норми рівнів шуму на робочих місцях з урахуванням трудової діяльності людини для восьми октавних смуг із середньогеометричними частотами 31,5; 63; 125; 250; 500; 2000; 4000 і 8000 Гц. У ці норми вперше включено рівень звукового тиску для октавної смуги з частотою 31,5 Гц (табл. 8.3).

Таблиця 8.3

Допустимі рівні звукового тиску, рівні звуку на робочих місцях у виробничих приміщеннях і на території підприємств

Вид трудової діяльності робоче місце	Рівні звукового тиску, дБ, в октавних смугах із середньогеометричними частотами, Гц									Рівні звуку (еквівалентні рівні звуку), дБ
	31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
1	86	79	61	54	49	45	42	40	38	50
2	93	79	70	63	58	55	52	50	49	60
3	96	83	74	68	63	60	57	55	54	63
4	103	91	83	77	73	70	68	66	64	75
5	107	95	87	82	78	75	73	71	69	80

У табл. 8.3 у першому стовпчику прийнято такі позначення: 1 — творча діяльність, керівна робота з підвищеними вимогами, наукова діяльність, конструювання і проектування, програмування, викладання і навчання, лікарська діяльність, робочі місця в приміщеннях дирекції, проектно-конструкторських бюро, розраховувачів, програмістів обчислювальних машин, у лабораторіях для теоретичних робіт та обробки даних, прийому хворих у здравпунктах; 2 — висококваліфікована робота, що вимагає зосередженості, адміністративно-управлінська діяльність, вимірювальні й аналітичні роботи в лабораторіях і приміщеннях цехового управлінського апарату, у робочих кімнатах конторських приміщень, лабораторіях; 3 — робота, виконувана з часто одержуваними вказівками й акустичними сигналами, робота, що вимагає постійного слухового контролю, операторська робота за точним графіком з інструкцією, диспетчерська робота в приміщеннях дис-

петчерської служби, кабінетах і приміщеннях спостереження і дистанційного керування з мовним зв'язком по телефону, машинописних бюро, на дільницях точного складання, на телефонних і телеграфних станціях, у приміщеннях майстрів, у залах обробки інформації на обчислювальних машинах; 4 — робота, що вимагає зосередженості, робота з підвищеними вимогами до процесів спостереження і дистанційного керування виробничими циклами: робітники місця за пультами в кабінах спостереження і дистанційного керування без мовного зв'язку по телефону; у приміщеннях лабораторій з гучним устаткуванням, у приміщеннях для розміщення гучних агрегатів обчислювальних машин; 5 — виконання всіх видів робіт (за винятком перерахованих у пунктах 1–4 та аналогічних їм) на постійних робочих місцях у виробничих приміщеннях і на території підприємств.

У зазначені ГС вносяться поправки, що залежать від характеру шуму, тривалості впливу, часу доби, місця розташування підприємства.

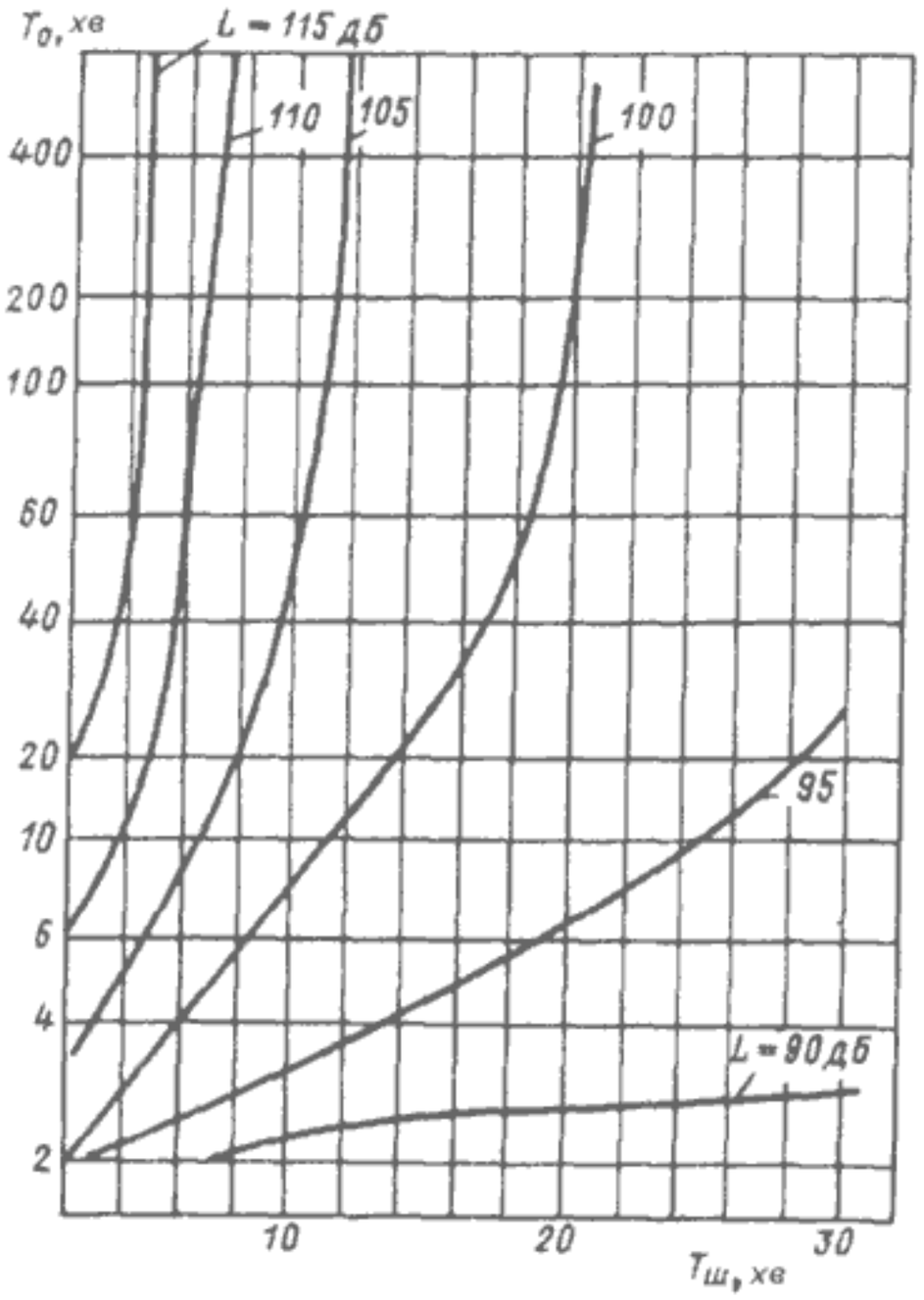


Рисунок 8.5
Криві для оцінювання тривалості впливу шуму: T_0 – тривалість шуму, хв; $T_ш$ – тривалість впливу

За характером шуми поділяються на *широкосмугові і тональні*. Широкосмуговим називається шум з неперервним спектром більш як одна октава, тональним — шум, у спектрі якого є смуги шириною не більше 1/3 октави, де рівні звукового тиску відрізняються не менше ніж на 10 дБ.

За часом дії шум поділяється на *постійний і непостійний*. Постійний — це шум, у якого рівні звукового тиску протягом робочого дня змінюються не більш як на 5 дБ.

Характерною рисою впливу шуму є нагромадження з часом в організмі людини звукової енергії. Щоб уникнути залишкових хворобливих змін в організмі, процес нагромадження цієї енергії не повинен перевищувати певного допустимого рівня. ГС при гігієнічному нормуванні розроблено для таких умов впливу шуму, коли тривалість цього впливу перевищує 4 год протягом робочого дня. Отже, якщо тривалість впливу шуму менша за 4 год, то допустимий рівень звукового тиску може бути більшим.

Якщо за допомогою технічних заходів знизити рівень звукового тиску до ГС неможливо, рекомендується використовувати захист «часом», тобто змінити режим робочого дня. У цьому випадку тривалість робочого часу скорочується, а кількість періодів відпочинку і їх тривалість збільшуються (рис. 8.5).

Ультразвук нормується в третьоктавних смугах. Граничні значення рівнів звукового тиску (ГОСТ 12.1.001-83) дорівнюють: 80 дБ при $f_{ср}$ = 12 500 Гц; 90 дБ при $f_{ср}$ = 16 000 Гц; 100 дБ при $f_{ср}$ = 20 000 Гц; 105 дБ при $f_{ср}$ = 25 000 Гц; 110 дБ при $f_{ср}$ = 31 500–100 000 Гц.

Для інфразвуків граничні значення звукового тиску встановлюються «Гігієнічними нормами інфразвуків на робочих місцях» (№ 2274-80) залежно від його зміни в часі. Враховуючи це, розрізняють *постійний і непостійний інфразвук*.

Постійний — інфразвук, величина звукового тиску якого протягом 1 хв змінюється не більше ніж на 10 дБ. Він нормується в октавних смугах. Для перших чотирьох октав ($f_{ср}$ = 2; 4; 8; 16 Гц) граничний звуковий тиск 105 дБ, для п'ятої ($f_{ср}$ = 31,5 Гц) — 102 дБ.

Непостійний — інфразвук, величина звукового тиску якого протягом 1 хв змінюється більше ніж на 10 дБ. Для непостійного інфразвуку встановлюється однаковий звуковий тиск, що вимірюється за шкалою «лінійною». Він становить 102 дБ.

§ 8.5. Джерела вібрації, шуму, інфра- та ультразвуків

Шуми, що виникають у реальних умовах, можна поділити на природні і штучні.

Джерелами природних шумів можуть бути явища природи: вітер, рух хвиль, виверження вулканів тощо. Як правило, ці шуми мають низькі частоти, які створюють для людини природне тло, що є середовищем її життя. Однак в окремих випадках ці шуми можуть досягати значних рівнів звукового тиску, що викликають хворобливі відчуття, наприклад: сильний вітер, велике хвилювання моря, грозові розряди і т. ін.

Джерело штучних шумів — робота машин, механізмів, устаткування. Частота і рівень звукового тиску штучних шумів змінюються у великих межах і нерідко значно перевищують рівень больового відчуття. Так, шум сучасних могутніх суднових двигунів нерідко сягає 115–117 дБ, реактивних двигунів — 170–180 дБ тощо.

Машини, механізми, устаткування складаються з окремих деталей. У кожної деталі є маса, вона має пружність. Отже, деталь можна розглядати як найпростішу коливальну систему. Під час роботи машин виникають інерційні й інші сили, що впливають на деталі, які здійснюють вимушені коливання. Частота й інтенсивність цих коливань залежать від маси деталей, пружності матеріалу, з якого вони виготовлені, а також частоти впливу сил.

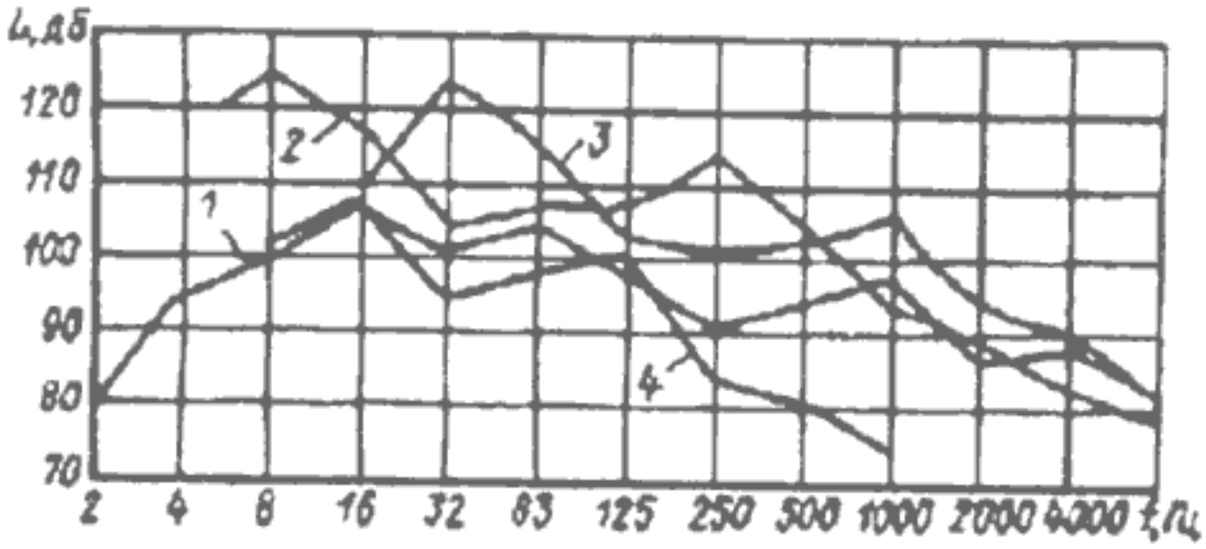


Рисунок 8.6
Спектограма шуму: 1 – шеститонного преса; 2 – турбіни типу СПГТ; 3 – вібромайданчика типу ВВП; 4 – компресора типу ВП 20/10

Якщо режим роботи машин усталений, окремі деталі здійснюють коливання заданої частоти й інтенсивності, тобто створюють звуки. Оскільки кількість деталей у машині велика, то частоти створюваних ними звуків змінюються у великих межах й охоплюють усі три діапазони коливань: інфра-, ультразвуків та область чутних звуків.

Графічне зображення рівнів звукового тиску на різних частотах називається ***спектрограмою*** (для вібрації — ***віброграмою***). Залежно від кількості джерел звуків у машині спектрограми можуть бути переривчастими або суцільними.

Розглянемо спектрограму одного з найпростіших видів устаткування — одноступінчатого редуктора. Основним джерелом звуку в редукторі буде співударяння зубців. Оскільки частота обертання зубчастих коліс редуктора постійна, то і частота зіткнень зубців буде теж постійною величиною, тобто в результаті співударяння зубців виникає звук з постійною частотою, припустимо $f_1 = 4000$ Гц.

Співударяння виникають і в результаті биття валів у підшипниках. Частота обертання валів різна, тому і частота звуків, створюваних биттям валів, так само буде різною, припустимо $f_2 = 125$ Гц і $f_3 = 500$ Гц. Якщо знехтувати іншими джерелами звуків, то, враховуючи вторинні, третинні і т. ін. коливання на спектрограмі буде зайнято три ділянки, що відповідають частотам 125, 500, 4000 Гц. На інших ділянках спектрограми звуків немає, і спектрограма буде переривчастою.

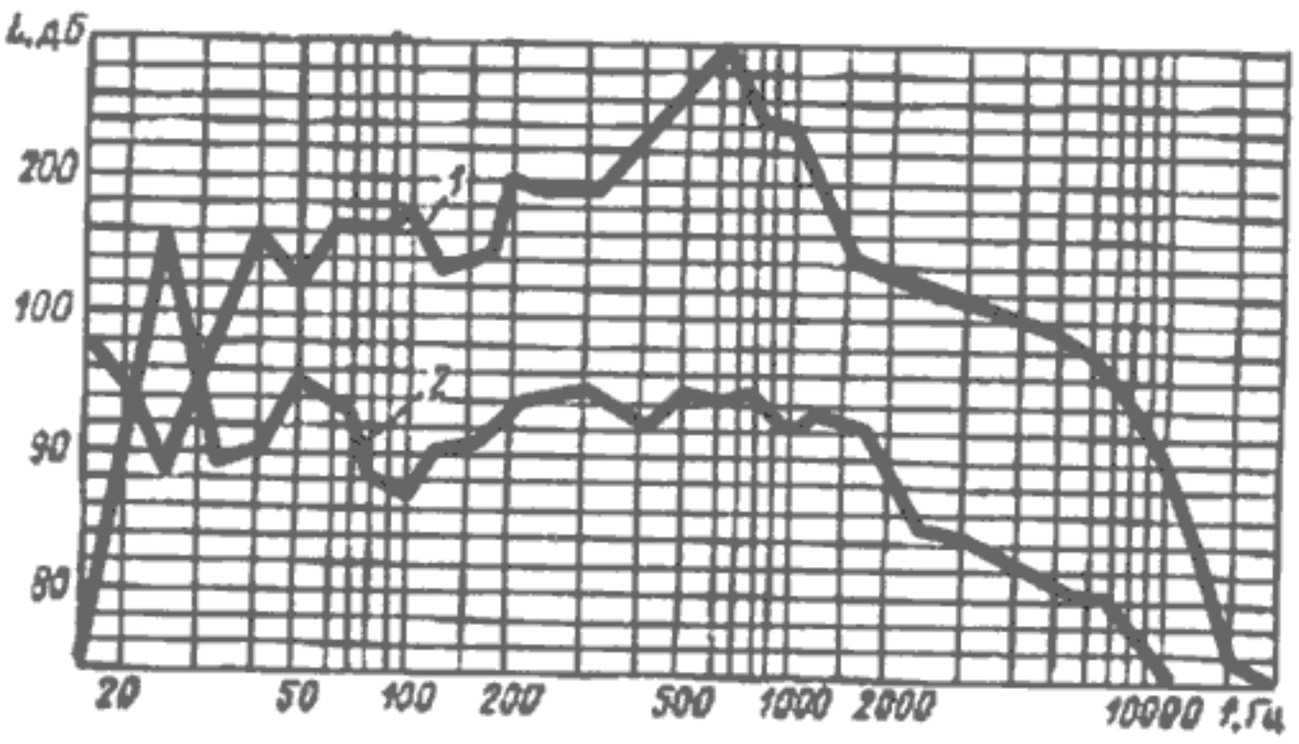


Рисунок 8.7
Спектограма шуму дизелів: 1 – 37Д; 2 – «Ланг»

Розглянемо дво- і триступінчастий редуктор. Кількість джерел звуків буде постійно збільшуватися й

у якомусь n-східчастому редукторі звуки з'являться на всіх ділянках спектрограми. Спектрограма буде суцільною. У реальних механізмах, машинах та устаткуванні можна виділити не менш як 15–20, а нерідко і сотні окремих джерел коливань. Тому спектрограми шумів, створюваних устаткуванням, завжди суцільні (рис. 8.6, 8.7).

Залежно від механізму утворення коливань їхні джерела поділяються на механічні, аеродинамічні й електромагнітні.

Механічні — це джерела, у яких коливання утворюються в результаті механічних співударянь окремих елементів устаткування (співударяння зубців у редукторі, валів у підшипниках, окремих елементів устаткування при поступально-поворотному русі і т. ін.).

Аеродинамічні — це такі джерела, у яких коливання утворюються в повітряному потоці в результаті інтенсивного вихороутворення при різкій зміні його структури (зміна площі поперечного перерізу потоку, його повороту, поділу й злиття декількох потоків тощо.), наприклад при виході повітря з вентилятора, газів із двигуна внутрішнього згоряння і т. ін.

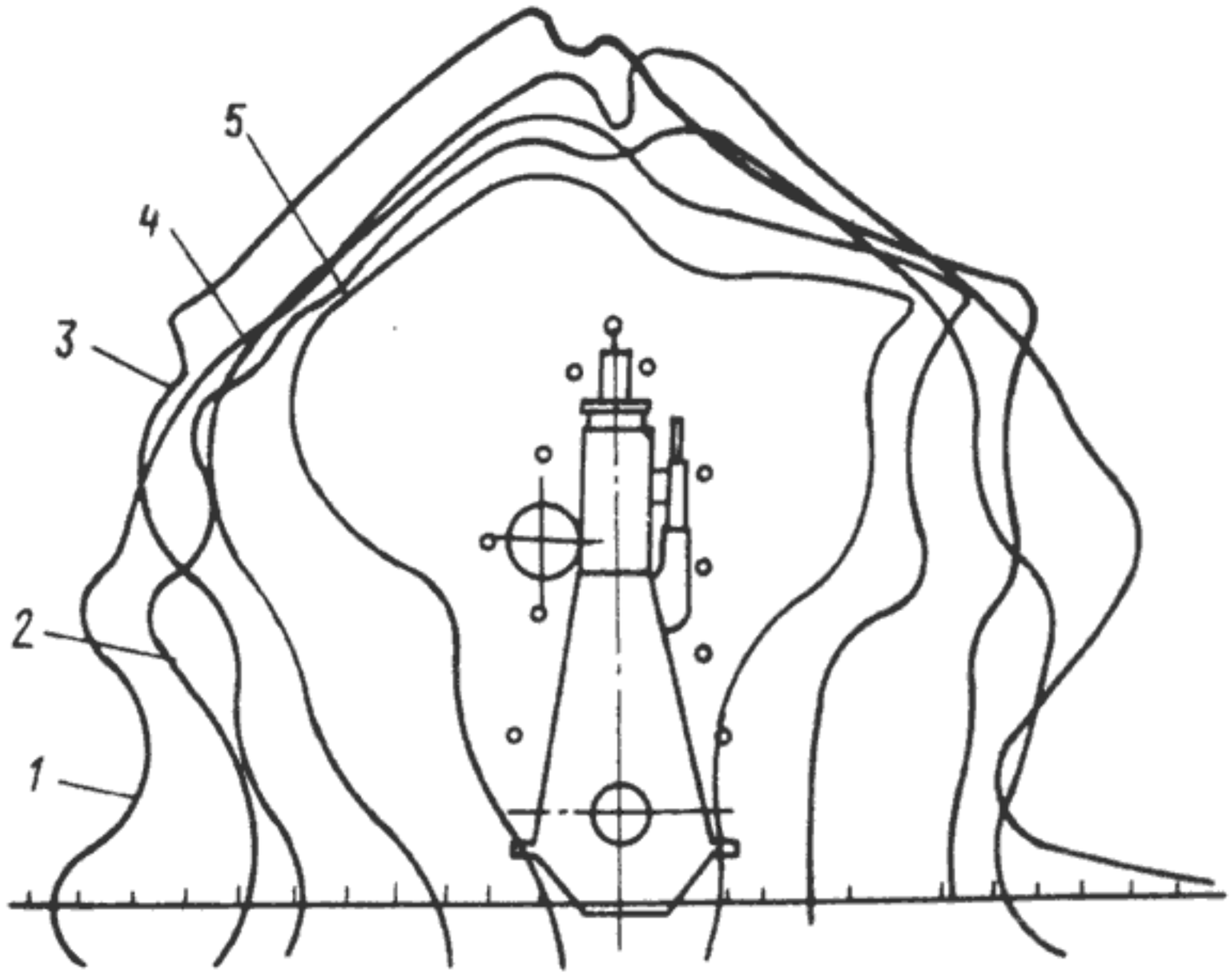


Рисунок 8.8
Розподіл рівнів звукового тиску навколо двигуна БМЗ 7ДКРН 74/160 при n = 115 об./хв на відстані 0,5 м: 1 – f_1 = 31,5 Гц; 2 – f_2 = 200 Гц; 3 – f_3 = 840 Гц; 4 – f_4 = 2500 Гц; 5 – f_5 = 5000 Гц

Частота звуків, створюваних лопатями робочого колеса вентиляторів, $f_л = n_р z_л / 60$, де $n_р$ — частота обертання робочого колеса, об./хв; $z_л$ — кількість лопатей у робочому колесі.

Електромагнітні — це джерела, у яких коливання виникають у результаті зміни електромагнітних полів.

Шум від устаткування поширюється в усіх напрямах. Частина простору, у якому поширюється шум, називається ***звуковим полем***. Навколо устаткування воно нерівномірне.

На рис. 8.8 наведено розподіл рівнів звукового тиску, що створює двигун БМ3 7 ДКРН74/160 при n = 115 об./хв, на відстані 0,5 м. Аналіз рисунка показує, що шум, створюваний корпусом двигуна, розподіляється практично рівномірно.

Рівномірність звукового поля характеризується коефіцієнтом спрямованості звукового поля:

$$k_п = I_з / I_{сер},$$

де $I_з$ — сила звуку в заданому напрямку;
$I_{сер}$ — середня сила звуку:

$$I_{сер} = W / S,$$

W — повна акустична потужність устаткування;
S — поверхня, по якій розподіляється шумова енергія.

Залежно від шляхів поширення розрізняють повітряний і структурний шуми. ***Повітряний*** шум поширюється в повітряному середовищі, ***структурний*** — по окремих конструкціях машин, устаткування, будівлі. Наприклад, шум проникає в усі суднові приміщення, оскільки вільно, без істотних втрат поширюється по металевому корпусу судна.

§ 8.6. Методи і прилади контролю шуму й вібрації

Шумові характеристики устаткування можна визначити в такий спосіб:

- у вільному звуковому полі, тобто за відсутності відбитих звуків; це можна зробити в приміщеннях з великими габаритами, на відкритому повітрі або в спеціальних заглушених камерах (усі внутрішні поверхні камери в цьому випадку облицьовуються шумопоглинальним матеріалом, бажано елементами клиноподібної форми);

- у відбитому звуковому полі, тобто при максимальному відбиванні звуків стінками камери; це дає змогу створити в камері рівномірне звукове поле;
- порівнянням досліджуваного джерела шуму з еталонним джерелом; у таких випадках до камери не висувається ніяких особливих вимог, у ній по черзі встановлюють еталонне й досліджуване джерела шуму;
- на відстані 1 м від устаткування.

Для вимірювання значень характеристик шуму застосовують суб'єктивні й об'єктивні шумоміри.

Суб'єктивний шумомір — це прилад, у якому встановлено еталонне джерело звуку зі змінюваними частотою і гучністю. Оператор на слух порівнює звуки еталонного джерела з досліджуваним. Перевага цього приладу — можливість визначення рівня гучності, недолік — залежність результатів вимірювання від слухового апарату оператора, тобто суб'єктивність вимірювань. Навіть два оператори, використовуючи один і той самий прилад, на тому самому джерелі шуму в таких випадках одержують різні результати. Це дуже ускладнює застосування суб'єктивних шумомірів для контролю рівня шуму.

В об'єктивному шумомірі звуковий тиск сприймається через мікрофон, у якому коливання перетворюються в електричний струм. За силою струму визначають рівень звукового тиску. Недоліком цього приладу є те, що він нездатний забезпечити тотожність характеристик приладу й слухового апарату людини. Цей недолік певною мірою можна усунути за допомогою коригувальних характеристик. Для повної тотожності характеристик шумоміра й слухового апарату людини необхідно було б вводити велику кількість коригувальних характеристик, що відображають усі криві рівної гучності. А це призвело б до значного ускладнення приладу.

Шумоміри дають можливість визначити загальний рівень звукового тиску на всіх частотах. Щоб провести спектральний аналіз, застосовуються аналізатори спектра. Ці прилади являють собою набір конденсаторів, які затримують або пропускають якийсь діапазон частот. Залежно від призначення аналізатори спектра поділяються на *октавні*, *напівоктавні*, *третьоктавні* й *вузькосмугові*. Октавні аналізатори дають змогу визначати середній рівень шуму в октавних смугах. Оскільки шум нормується в октавних смугах, то октавні аналізатори застосовують для санітарного контролю.

Розробляючи заходи щодо зниження шуму, необхідно знати рівні звукового тиску, які створюють окремі джерела звуків. У межах однієї октави таких джерел звуків може бути багато, нерідко — кілька десятків. Щоб виявити їх, застосовують напівоктавні аналізатори, тобто октава поділяється на дві частини; третьоктавні аналізатори — октава поділяється на три частини. Нині випускаються аналізатори спектра і з більш вузькими смугами.

§ 8.7. Рівні звукового тиску, що створюються устаткуванням

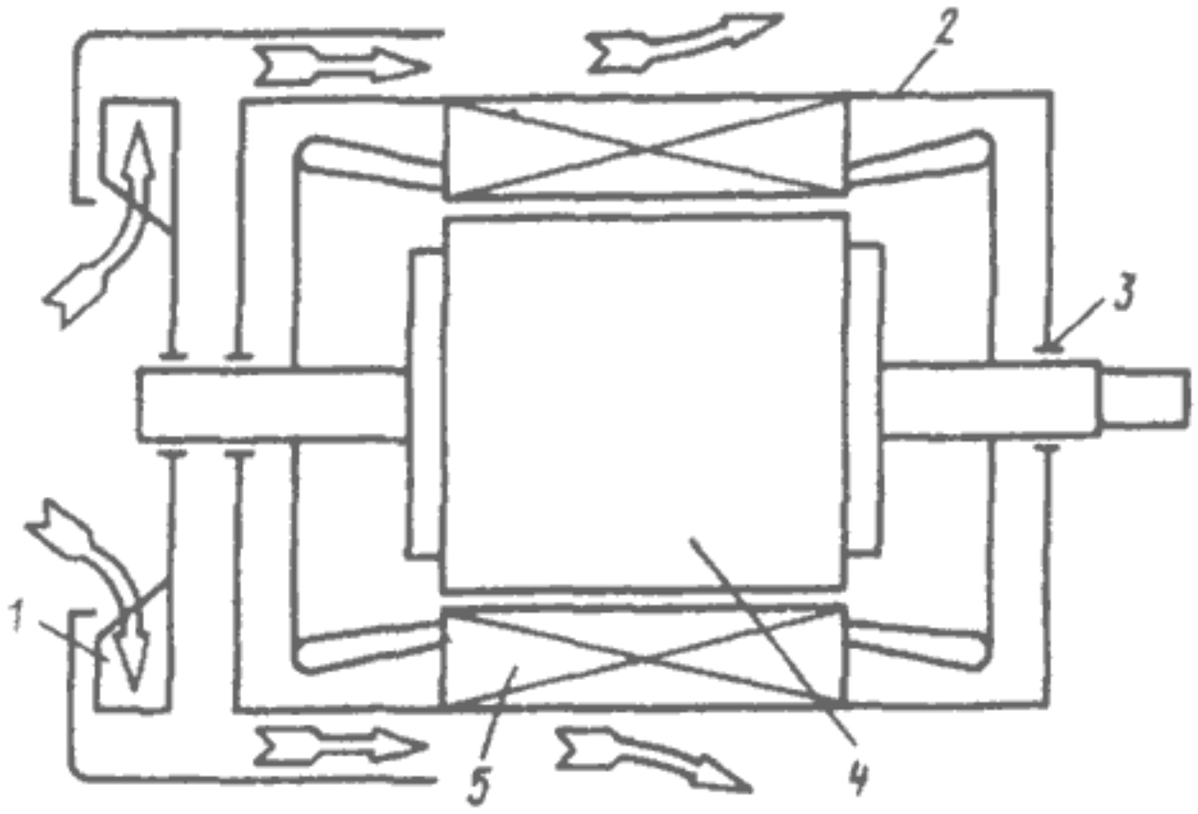


Рисунок 8.9
Конструктивна схема електродвигуна: 1 – вентилятор; 2 – корпус; 3 – підшипники; 4 – ротор; 5 – статор

Розподіл рівнів звукового тиску, що створюється устаткуванням, розглянемо на прикладі електродвигуна, зображеного на рис. 8.9. Він складається з корпуса *2*, статора *5*, ротора *4*, що обертається в підшипниках *3*, вентилятора *1*. Шуми, які створюють ці елементи двигуна у процесі роботи, поділяються на механічні, аеродинамічні та електромагнітні.

Джерелом механічного шуму є коливання ротора внаслідок виникнення дисбалансу через зміщення його осі відносно осі обертання. Дисбаланс може виникнути й унаслідок зміщення осі ротора щодо справжньої осі його обертання. Дисбаланс легко знайти, припинивши обертання ротора: більш важка його частина займе нижнє положення. Повністю усунути дисбаланс ротора при сучасному рівні розвитку техніки практично неможливо.

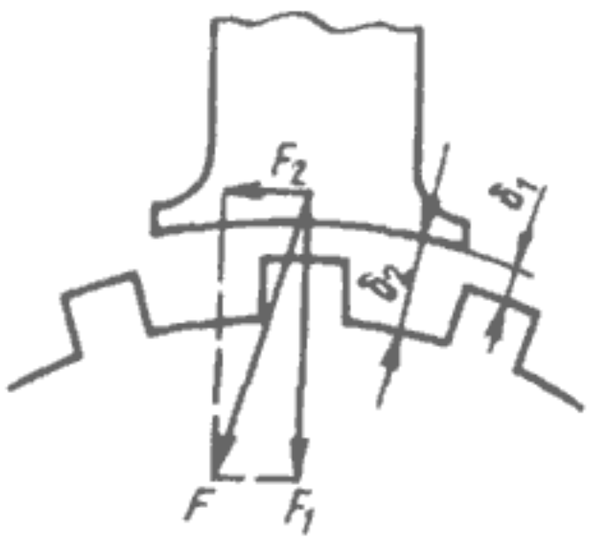


Рисунок 8.10
Схема збурювальних сил в електродвигуні постійного струму

Частота звуків, які виникають унаслідок дисбалансу ротора, визначається за формулою $f_д = n_д / 60$, де $n_д$ — частота обертання ротора, об./хв. Сильний механічний шум може виникати і при обертанні ротора в підшипниках. Інтенсивність шуму буде зростати при неправильному підборі підшипників і їх несправності.

Електромагнітний шум виникає внаслідок утворення змінних електромагнітних полів між статором і ротором. Між полюсами статора і ротора виникають сили магнітного притягання (рис. 8.10), пропорційні квадрату миттєвого значення індукції магнітного поля.

Оскільки інтенсивність поля залежить від величини зазору між ротором і статором, що постійно зміню-

ється, то на статор впливає змінна сила, що призводить до його вібрації. У результаті виникають звуки частотою $f_e = n_д \cdot z \cdot i$, де z — кількість пазів у роторі; $i = 1, 2, 3, \ldots$

Аеродинамічний шум виникає внаслідок миттєвої зміни тиску повітря на лопатках колеса вентилятора й руху повітря в зазорах ротора і статора.

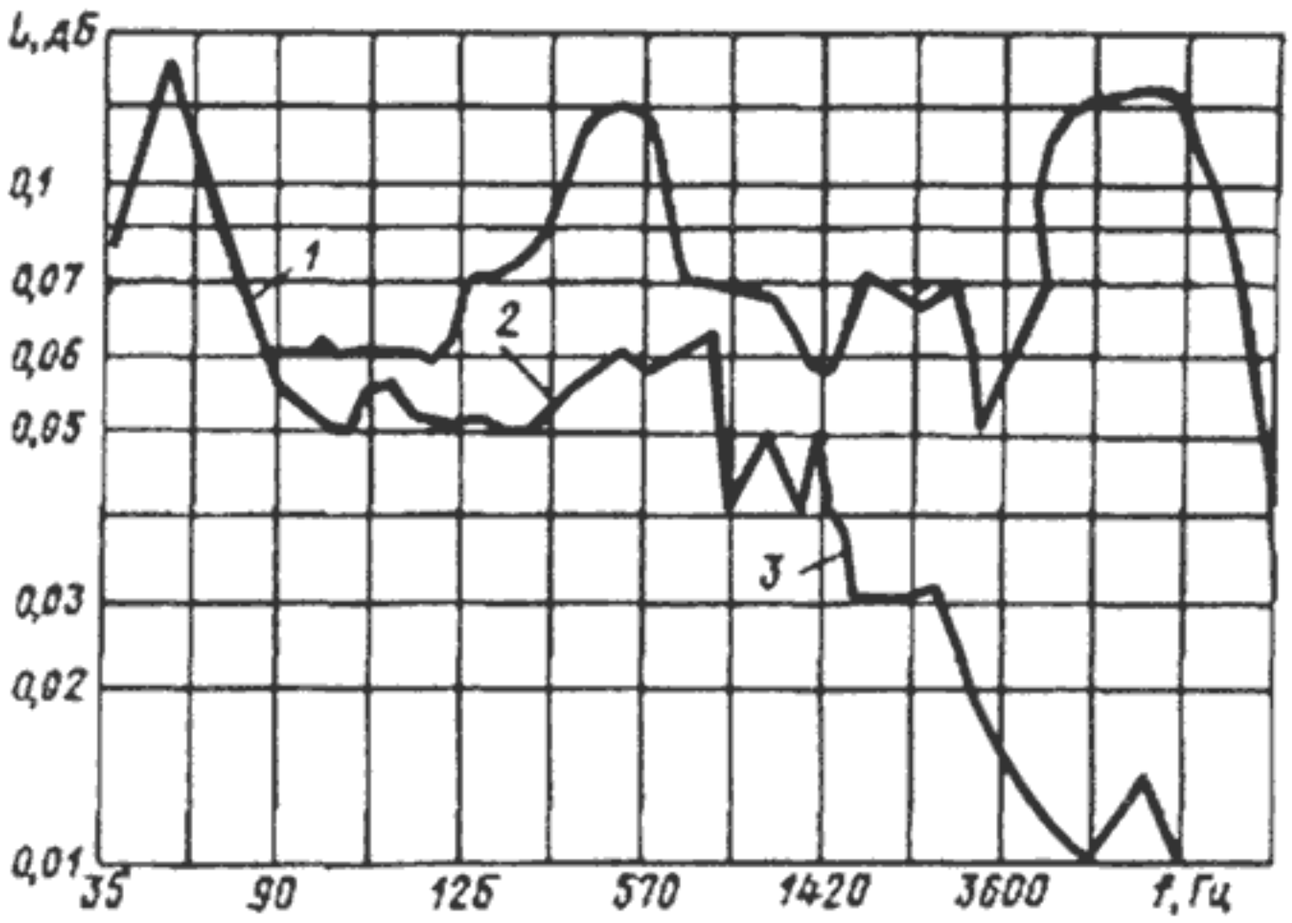


Рисунок 8.11
Спектрограми шуму асинхронного електродвигуна потужністю 1 кВт при $n_д$ = 3000 об./хв: 1 – вихідний двигун; 2 – вентилятор знято; 3 – підшипники кочення замінено на підшипники ковзання

На рис. 8.11 зображено спектрограму шуму електродвигуна потужністю 1 кВт при $n_д$ = 3000 об./хв. Аналіз спектрограми показує, що в спектрі можна виділити три основні джерела звуку.

Перше джерело — на частоті 50 Гц — це шум, що виникає внаслідок дисбалансу ротора. Друге джерело — на частоті 570 Гц — це шум, який створює вентилятор. Третє джерело — на частоті 3000–4000 Гц — це шум, що створюється підшипниками кочення.

На рис. 8.12 зображено спектрограму шуму електродвигуна потужністю 15,1 кВт при n = 3000 об./хв. На цій спектрограмі також видно наведені на рис. 8.11 три основні джерела звуків.

Застосування систем вентиляції і кондиціонування повітря дає змогу видаляти з приміщення шкідливі речовини, що надходять у його повітряне середовище. Водночас ці системи є джерелом утворення не менш небезпечних шкідливих виробничих факторів — шуму й вібрації. Це не тільки погіршує умови праці та відпочинку, але, якщо не вжити необхідних заходів до їх усунення, може призвести до важких наслідків — професійних захворювань та аварій. Особливо актуальним є питання боротьби із шумом у цих системах на суднах, де є безліч металевих конструкцій, а приміщення насичені механізмами й устаткуванням. При цьому використання шумозахисних засобів обмежене.

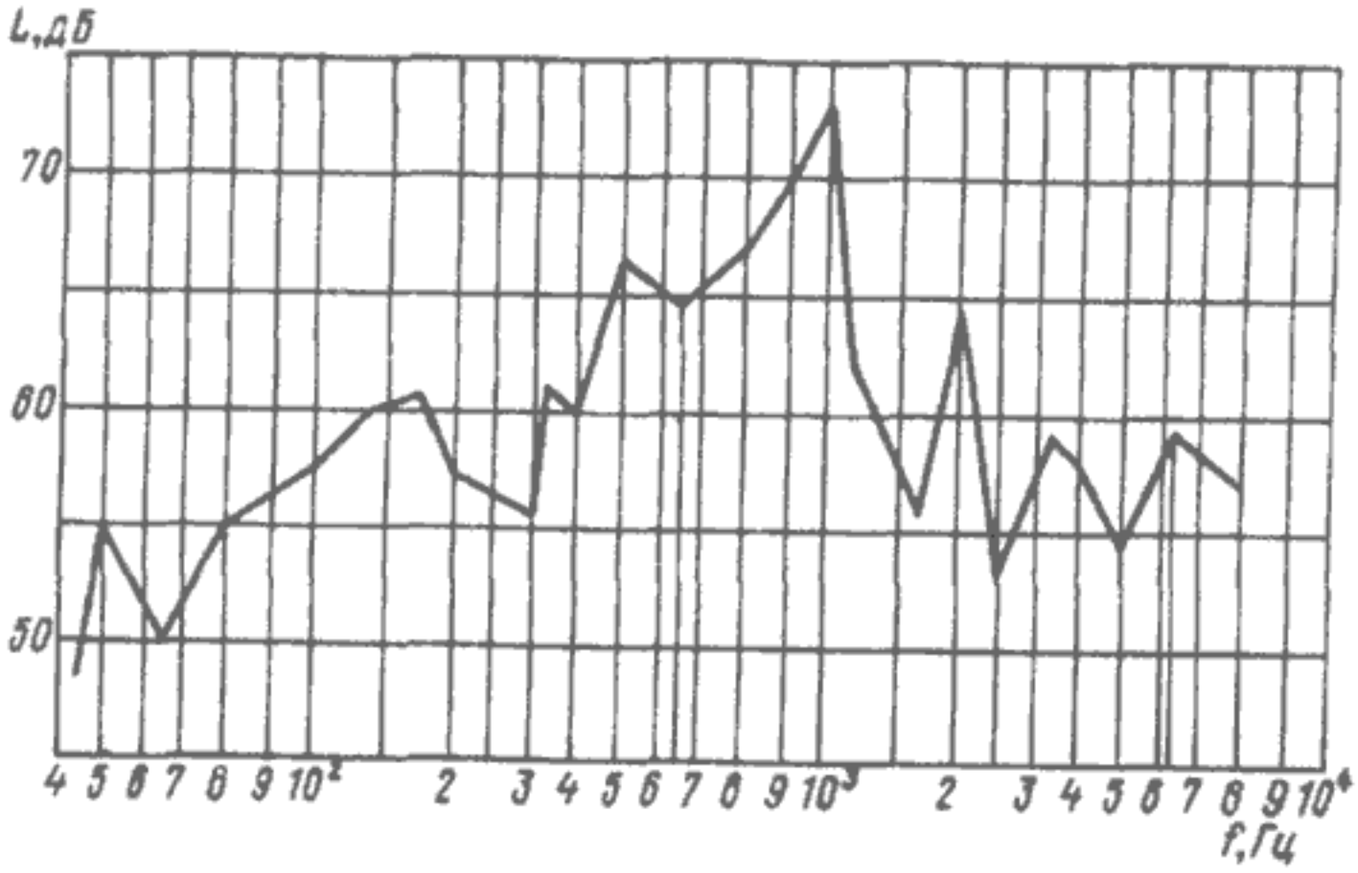


Рисунок 8.12
Спектрограми шуму електродвигуна потужністю 15,1 кВт при $n_э$ = 3000 об./хв

У загальному випадку система кондиціонування повітря (рис. 8.13) складається з повітрозабірного пристрою *4*, вентилятора *5*, регулюючої апаратури *7*, термо- і вологообробних пристроїв *6* і *8*, глушників шуму *1*, повітроводів *2* і повітророзподільних пристроїв *3*. В окремих системах того чи іншого елемента може не бути. Система вентиляції відрізняється від системи кондиціонування повітря лише відсутністю окремих елементів для тепло-зволожувальної обробки повітря.

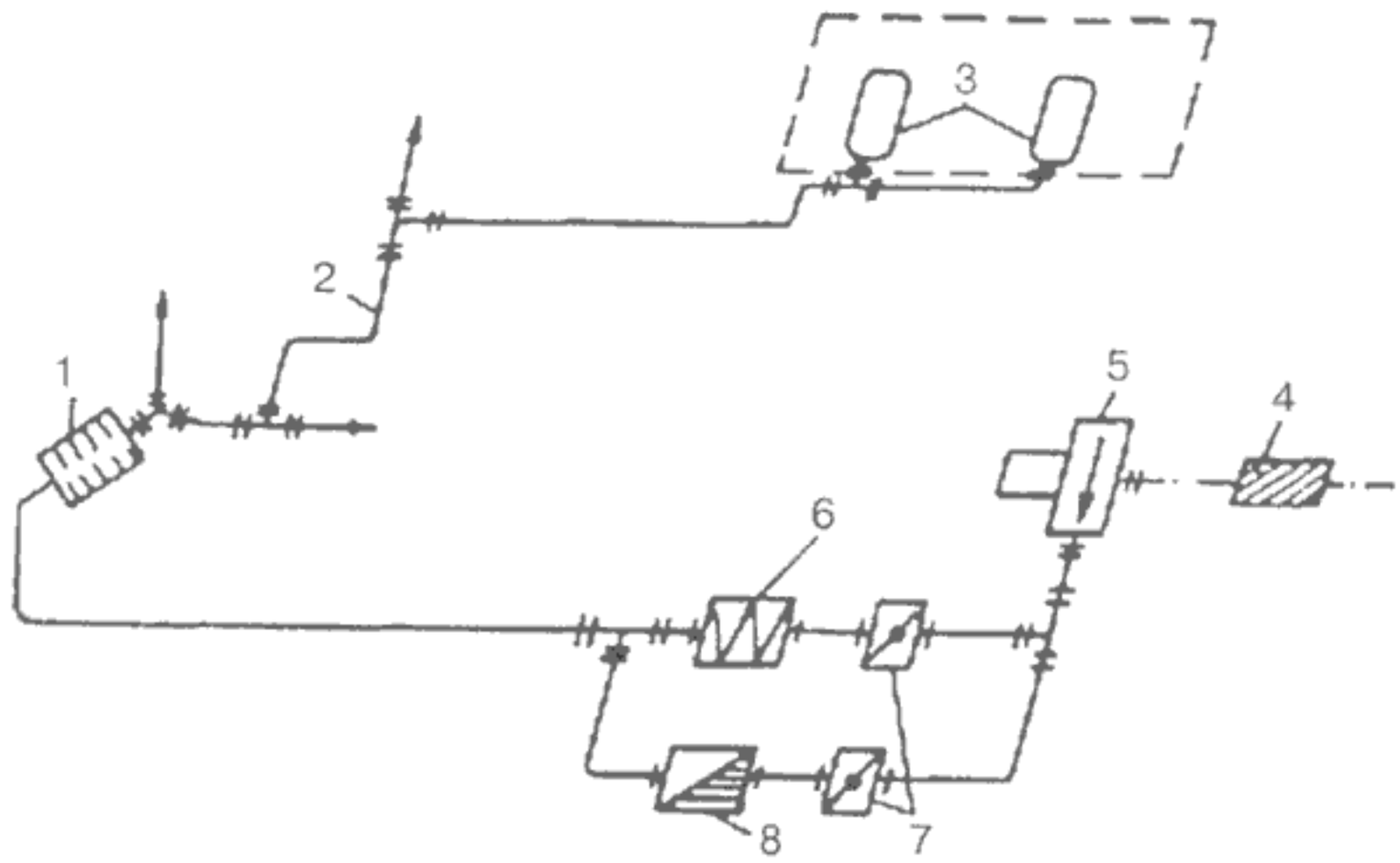


Рисунок 8.13
Система кондиціонування повітря:1 – глушники шуму; 2 – повітроводи; 3 – повітророзподільний пристрій; 4 – повітрозабірний пристрій; 5 – вентилятор; 6 – термообробний пристрій; 7 – регулююча апаратура; 8 – вологообробний пристрій

Більш жорсткі вимоги до маси і габаритів окремих елементів суднових систем кондиціонування повітря зумовили розробку двоканальних високошвидкісних систем. Основним джерелом шуму в розглянутих системах є вентилятор, під час роботи якого утворюється аеродинамічні і механічні шуми.

Аеродинамічний шум утворюється внаслідок обтікання повітряним потоком лопаток робочого колеса. Частота створюваних цим джерелом звуків залежить від частоти обертання робочого колеса і визначається за формулою $f_л = n_к \cdot z / 60$, де $n_к$ — кількість оборотів робочого колеса, об./хв; z — кількість лопаток у робочому колесі. Рівень звукового тиску на частоті $f_л$ на 5–15 дБ перевищує рівень звукового тиску на інших частотах. Аеродинамічний шум утворюється також у момент входу й виходу повітря з вентилятора, під час руху повітря у повітроводах і т. ін.

Механічний шум утворюється в основному в результаті вібрації корпуса вентилятора. Шум, який створює вентилятор під час руху повітря в повітроводах, по їхніх стінках і через повітряний потік також проникає в усі приміщення.

Рівні шуму, який створюють вентилятори типу ЦС, наведено в табл. 8.4. Рівень шуму, що виникає з боку всмоктування й нагнітання таких вентиляторів:

$$L_в = L_0 + \mu lg \frac{QH}{30\,000}, \qquad (8.6)$$

де Q — продуктивність вентилятора, м^3/год;
H — повний тиск, Па;
L_0, μ — величини, значення яких наведено нижче (див. табл. 8.5)

Таблиця 8.4

Рівні шуму вентиляторів типу ЦС

Тип вентилятора	Середньогеометрична частота октавных смуг, Гц						
	63	125	250	500	1000	2000	4000
5ЦС-6	57	57	62	58	60	57	56
8ЦС-11	64	65	65	63	64	60	57
63ЦС-11	84	84	85	79	72	70	69
8ЦС-24	60	63	68	64	69	63	62
90ЦС-24	80	83	80	84	82	83	81
56ЦС-34	76	80	80	86	85	82	83
8ЦС-63	72	70	69	75	69	66	65

Таблиця 8.5

Числові значення величин L_0, μ (до обчислень за формулою 8.6)

f, Гц	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
L_0	56	56	58	59	59	56	51	43
μ	10	12,5	13	14	14	14,5	15	15,5

Рівень шуму промислових вентиляторів $L_в = L_1 + 2{,}5 \lg + 10 \lg + \Delta$, де $L1$ — критерій гучності, для вентиляторів типів Ц9-55, Ц9-57, Ц12-90 з боку нагнітання $L_1 = 22{,}5$, з боку всмоктування $L_1 = 18{,}5$; Δ — поправки на режим роботи вентилятора. Якщо відхилення не перевищує 10 % від максимального КПД, $\Delta = 0$, якщо відхилення більше ніж 10–20 %, $\Delta = 2$, якщо відхилення перевищує 20 %, $\Delta = 4$.

Зазначені величини $L1$ справедливі за умови плавного входження потоку повітря у вентилятор. При порушенні структури потоку, наприклад при встановленні дроселів, до зазначених величин L_1 необхідно додати 8 дБ для осьових вентиляторів і 7 дБ для відцентрових.

Загальний рівень шуму, який створює корпус вентилятора, визначається також за наведеною вище формулою (8.6). При цьому критерій гучності приймається як середнє значення з боку всмоктування і з боку нагнітання.

Акустичний розрахунок систем вентиляції і кондиціонування повітря можна звести до визначення рівня шуму в приміщеннях, де встановлено вентилятори або кондиціонери, через які проходять повітроводи, та у тих, які також обслуговуються зазначеними системами.

У першому випадку рівні шуму визначаються відповідно до припущення, що в приміщенні знаходяться самостійні джерела шуму: вентилятори (кондиціонери), повітрозабірні пристрої, повітровипускні пристрої. Розраховуючи рівні шуму в другому випадку, необхідно враховувати проходження шумів, що виникають у всмоктувальному чи нагнітальному патрубках і мережевій арматурі, у повітроводах, а також можливість їх проникнення в приміщення через стінки повітроводів. У третьому випадку також необхідно враховувати при розрахунку рівень шумів, що створюються в нагнітальному або всмоктувальному патрубках і мережевій арматурі, можливість їх проникнення через повітроподавальні чи повітрозабірні пристрої, які є самостійними джерелами шуму. Більш докладна методика розрахунку рівня шуму в приміщеннях наводиться в спеціальній літературі.

Двигуни внутрішнього згоряння (ДВЗ) створюють аеродинамічні і механічні шуми (див. рис. 8.7).

Аеродинамічний шум виникає на вході повітря і виході відпрацьованих газів із двигуна. Знизити цей шум можна за допомогою високоефективних глушників шуму й інших заходів. Наприклад, на теплоході «Котовськ» повітря для двигуна забирається з відкритої палуби через облицьовані зсередини шумопоглинальним матеріалом трубопроводи. Це дало можливість знизити шум, що виникає внаслідок забору повітря, до норми.

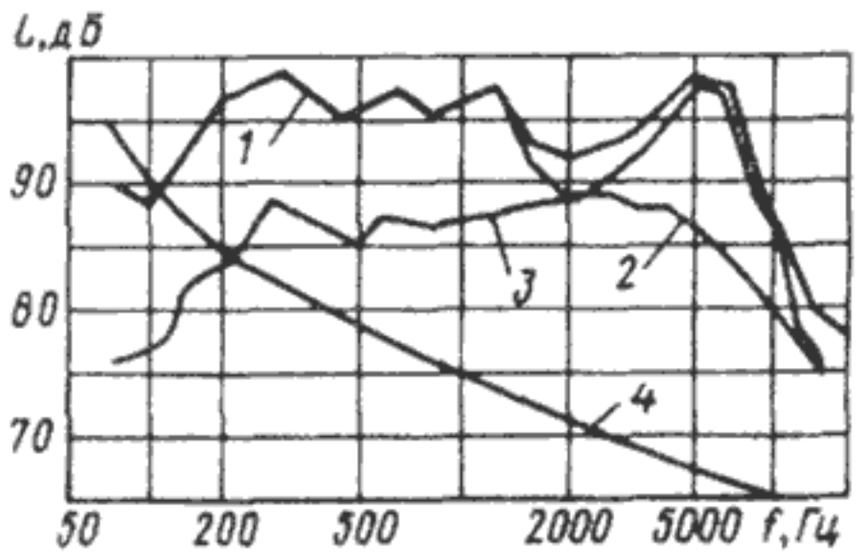


Рисунок 8.14
Спектрограми шуму: 1 – дизеля при роботі з турбонагрівачем; 2 – дизеля при наддуванні від постійного джерела; 3 – турбонагнітача; 4 – ПС

Двигуни внутрішнього згоряння, як і інші види устаткування, удосконалюються. При цьому, однак, не завжди враховується необхідність зниження шуму. Так, для збільшення потужності й підвищення ефективності ДВЗ замість забору повітря внаслідок розрідження в циліндрах, що виникає завдяки руху поршня, застосовують наддування високооборотними турбонагнітачами, які є джерелом утворення високочастотних шумів (рис. 8.14). Могутнім джерелом шуму є і весь нагнітальний тракт: ресивер, холодильник, з'єднувальні трубопроводи. Зниження рівня цих шумів є складною проблемою.

Таблиця 8.6
Допустимі рівні звукового тиску, що створюється устаткуванням

Сумарна потужність електродвигунів, кВт	Середньогеометрична частота октавних смуг, Гц							
	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Металорізальні верстати								
< 2	72	72	72	72	69	67	65	64
2–4	75	75	75	75	72	70	68	67
4–125	78	78	78	78	75	73	71	70
12,5–32	80	80	80	80	77	75	73	71
32–64	85	85	85	82	79	77	75	73
> 64	86	86	86	83	80	79	74	74
Зварювальне устаткування								
–	99	92	–	86	83	80	78	76

Створити безшумне устаткування поки що неможливо. Тому правила експлуатації для устаткування серійного виготовлення встановлюють допустимі рівні звукового тиску. Так, ГОСТ 12.2.107-85 встановлює ці рівні для металорізальних верстатів (табл. 8.6), ГОСТ 12.1.035-81 — для зварювального устаткування тощо.

§ 8.8. Методи зниження рівня шуму

Основним методом боротьби із шумом є зниження його рівня в джерелі утворення. Реалізація цього методу можлива шляхом удосконалення конструкції машин і технологічних процесів. Із цією метою необхідно:

- замінити ударні процеси безударними (ковальські і штампувальні молоти можна замінити пресами, правку металу — вальцюванням, пневматичне клепання — гідравлічним клепанням або електрозварюванням і т. ін.); якщо усунути удар не вдається, треба послабити звучання ударних частин (за рахунок зменшення розмаху коливань, зменшення поверхні частин, що зазнають співударяння, заміни металу в з'єднувальних вузлах на менш звучні матеріали або заміни однієї з металевих деталей, що зазнають співударяння, на неметалічну);
- усунути консольне (однобічне) розташування коліс, шестерень, турбін, валів й інших обертових частин і надати їм другу опору;
- замінити підшипники кочення підшипниками ковзання;
- замінити зворотно-поступальний рух обертальним (при зворотно-поступальному русі важко досягти задовільної врівноваженості деталей, а різкі зміни напряму руху спричинюють інтенсивну вібрацію рухомих частин і сильний шум);
- зменшити допуск між зчленованими деталями агрегату з метою послаблення биття деталей;
- зменшити інтенсивність вібрації великих поверхонь (кожухів, кришок, корпуса агрегату й ін.) шляхом заповнення спеціальних повітряних порожнин у них матеріалами, що демпфірують вібрацію, чи звукопоглинальними матеріалами, а також шяхом встановлення між вібруючими вузлом агрегату і поверхнею прокладок або пружин, на які може передаватися ця вібрація.

Як уже відзначалося в попередньому параграфі, створити устаткування, що створює шум на робочих місцях, у межах, допустимих санітарними нормами, у даний час поки що неможливо. Тому актуальним є зниження рівня шуму на шляхах його поширення. Це завдання можна вирішити шляхом розробки шумопоглинальних і шумоізолювальних заходів.

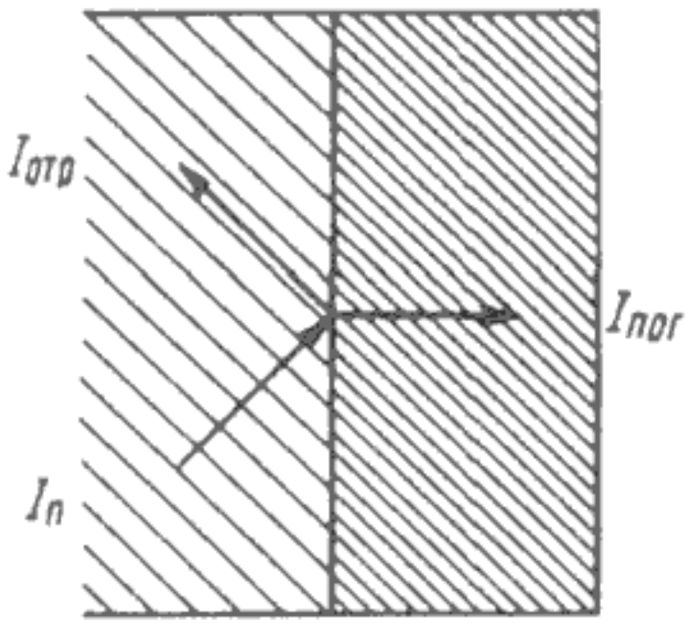


Рисунок 8.15
Схема до визначення понять звукопоглинання і звуковідбиття

Припустимо, що звукова енергія потрапляє на границю поділу двох середовищ $I_п$. Частина її $I_{відб}$ відбивається від цієї границі, а інша частина — $I_{пог}$ — проходить через неї (рис. 8.15), тобто нібито поглинається другим середовищем. Оскільки $I_п = I_{відб} + I_{пог}$, то після ділення цього виразу на $I_п$ одержимо:

$$I = I_{відб} / I_п + I_{пог} / I_п. \qquad (8.7)$$

Перший доданок у формулі (8.7) характеризує кількість відбитої звукової енергії і називається коефіцієнтом відбиття $\alpha_{відб}$, другий — кількість енергії, що пройшла через границю поділу двох середовищ, тобто була нібито поглинута другим середовищем, і тому називається коефіцієнтом звукопоглинання $\alpha_{пог}$.

Механізм звукопоглинання залежить від структури звукопоглинального матеріалу. На рис. 8.16 наведено залежність коефіцієнта звукопоглинання від частоти звуків для трьох типів різних матеріалів.

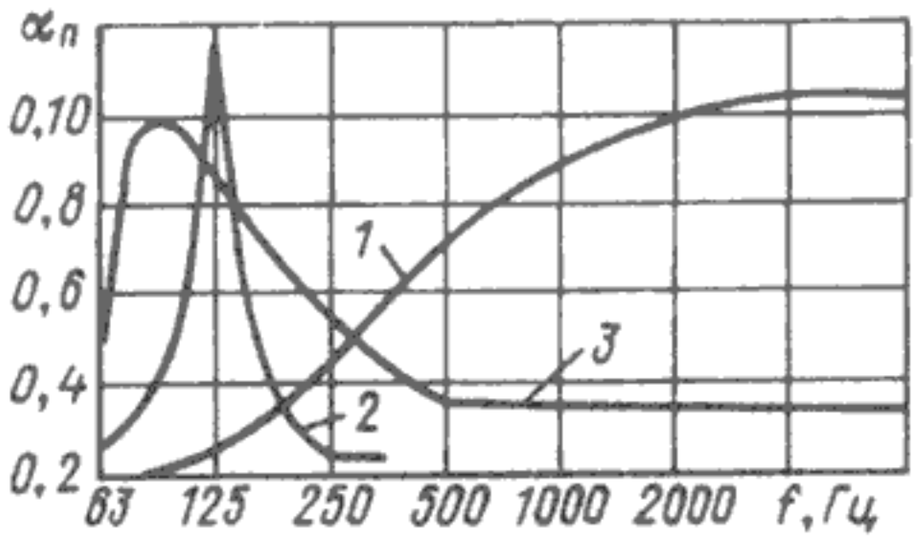


Рисунок 8.16
Залежність коефіцієнта звукопоглинання від частоти звуків для різних матеріалів

Перший тип поглиначів на рис. 8.16 (скловолокно, вата, пінопласт та ін.) характеризується великою пористістю. У цьому випадку звукова енергія розсіюється і перетворюється в теплову в порах. Поглинання звукової енергії відбувається у всьому діапазоні частот. Однак через більш інтенсивне перетворення звукової енергії в теплову на високих частотах коефіцієнти звукопоглинання з підвищенням частоти звуків збільшуються (табл. 8.7).

До другого типу належать об'ємні, або резонансні, поглиначі. Принцип їхньої роботи базується на використанні резонансної системи, яка здатна інтенсивно перетворювати звукову енергію в теплову лише в області резонансних частот. У цьому випадку величина коефіцієнта звукопоглинання буде значною тільки у вузькому діапазоні частот (табл. 8.8).

До третього типу належать так звані мембранні, або панельні, поглиначі. У цих поглиначах звукова енергія потрапляє на поверхню і надає їй руху, тобто спочатку звукова енергія перетворюється в механічну, а потім — у теплову. Ці поглиначі є високоефективними лише на резонансних частотах.

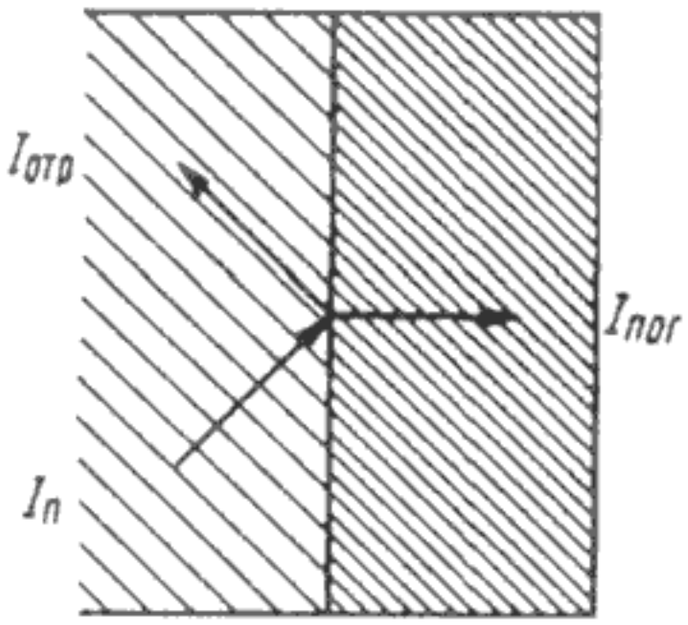


Рисунок 8.15
Схема до визначення понять звукопоглинання і звуковідбиття

Припустимо, що звукова енергія потрапляє на границю поділу двох середовищ $I_п$. Частина її $I_{відб}$ відбивається від цієї границі, а інша частина — $I_{пог}$ — проходить через неї (рис. 8.15), тобто нібито поглинається другим середовищем. Оскільки $I_п = I_{відб} + I_{пог}$, то після ділення цього виразу на $I_п$ одержимо:

$$I = I_{відб} / I_п + I_{пог} / I_п. \qquad (8.7)$$

Перший доданок у формулі (8.7) характеризує кількість відбитої звукової енергії і називається коефіцієнтом відбиття $\alpha_{відб}$, другий — кількість енергії, що пройшла через границю поділу двох середовищ, тобто була нібито поглинута другим середовищем, і тому називається коефіцієнтом звукопоглинання $\alpha_{пог}$.

Механізм звукопоглинання залежить від структури звукопоглинального матеріалу. На рис. 8.16 наведено залежність коефіцієнта звукопоглинання від частоти звуків для трьох типів різних матеріалів.

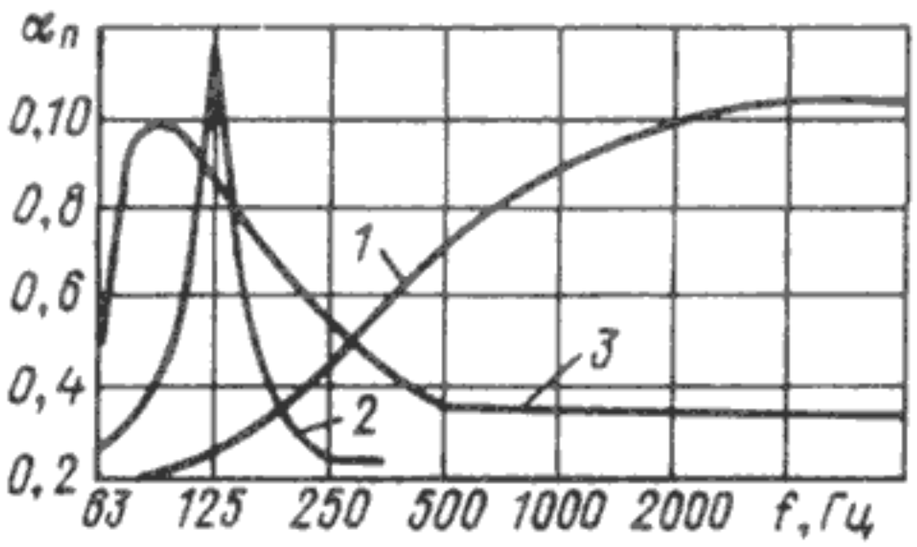


Рисунок 8.16
Залежність коефіцієнта звукопоглинання від частоти звуків для різних матеріалів

Перший тип поглиначів на рис. 8.16 (скловолокно, вата, пінопласт та ін.) характеризується великою пористістю. У цьому випадку звукова енергія розсіюється і перетворюється в теплову в порах. Поглинання звукової енергії відбувається у всьому діапазоні частот. Однак через більш інтенсивне перетворення звукової енергії в теплову на високих частотах коефіцієнти звукопоглинання з підвищенням частоти звуків збільшуються (табл. 8.7).

До другого типу належать об'ємні, або резонансні, поглиначі. Принцип їхньої роботи базується на використанні резонансної системи, яка здатна інтенсивно перетворювати звукову енергію в теплову лише в області резонансних частот. У цьому випадку величина коефіцієнта звукопоглинання буде значною тільки у вузькому діапазоні частот (табл. 8.8).

До третього типу належать так звані мембранні, або панельні, поглиначі. У цих поглиначах звукова енергія потрапляє на поверхню і надає їй руху, тобто спочатку звукова енергія перетворюється в механічну, а потім — у теплову. Ці поглиначі є високоефективними лише на резонансних частотах.

Таблиця 8.7

Коефіцієнти звукопоглинання матеріалів і їх конструкцій

Сумарна потужність електродвигунів, кВт	Середньогеометрична частота октавних смуг, Гц					
	128	256	512	1024	2048	4096
Вікно, двері, прорізи (відкриті)	1	1	1	1	1	1
Стіна цегляна неоштукатурена	0,024	0,025	0,032	0,042	0,049	0,07
Стіна оштукатурена	0,012	0,013	0,017	0,02	0,023	0,025
Бархатне драпірування	0,04	0,07	0,13	0,22	0,32	0,35
Войлок товщиною 5 см	0,21	0,46	0,79	0,75	0,58	0,46
Бетон і залізобетон, непофарбований	0,011	0,012	0,016	0,019	0,023	0,035
Скло	0,035	–	0,027	–	0,02	–

Вибираючи товщину звукопоглинальної конструкції для поглиначів першого типу, необхідно пам'ятати, що існує гранична товщина матеріалів, перевищувати яку недоцільно, тому що це не поліпшить поглинання шумової енергії (гранична товщина бавовни і вати — 40–80 см, розпушеної вовняної повсті — 18 см, мінеральної вати — 9 см).

Таблиця 8.8

Коефіцієнти звукопоглинання перфорованих конструкцій

Конструкція, матеріал	Середньогеометрична частота октавних смуг, Гц						
	125	250	500	1000	2000	4000	6000
Перфорована панель (заповнювач – азбестова вата):							
h = 3 мм, d = 4 мм, D = 40 мм, *l* = 50 мм	0,27	0,43	0,36	0,25	0,15	0,13	0,11
h = 3 мм, d = 6 мм, D = 25 мм, *l* = 100 мм	0,52	0,54	0,54	0,50	0,41	0,33	0,33
h = 6 мм, d = 4 мм, D = 40 мм, *l* = 50 м	0,32	0,42	0,31	0,18	0,13	0,10	–
Панель з фанери товщиною 10 мм, розташована на відстані 10 см від стіни	0,34	0,19	0,10	0,09	0,12	0,11	0,06
Деревноволокниста плита типу «Оргаліт» товщиною 11 мм та об'ємною масою 200–250 кг/м^3, розташована впритул до стіни	0,06	0,15	0,28	0,30	0,33	0,31	0,35

Примітка: *h* – товщина панелі; *d* – діаметр перфорації; *D* – відстань між центрами перфорації; *l* – товщина для заповнювача.

Звукопоглинальні матеріали й конструкції призначені для поглинання звукової енергії.

Це дає можливість знизити рівень звукового руху в приміщенні, де розташоване джерело шуму, за рахунок поглинання шумової енергії, що потрапляє на конструкції, а в сусідніх приміщеннях — за рахунок відбивання й перетворення частини поглинутої енергії в теплову в самому матеріалі або в конструкції. Однак усі матеріали і конструкції, за винятком відкритого вікна, відбивають частину енергії, що потрапляє на них. Ця енергія приводить до утворення інтенсивного звукового поля у всьому об'ємі приміщення. Справді, у перший момент після початку дії джерела шуму звукова енергія надходить у будь-яку довільно вибрану точку в приміщенні по прямій лінії — це так звана пряма складова $I_{пр}$. Вона не залежить від меж приміщення і зменшується прямо пропорційно квадрату відстані між джерелом шуму й вибраною точкою.

Але звукова енергія, що потрапляє на будь-яку поверхню в приміщенні (стіни, підлога і т. ін.), частково відбивається — $I_{відб}$. Тому вже після першого відбивання з якимось запізненням вона також потрапляє в цю точку.

Потім у цю точку надходить звукова енергія від двох- (I_2), трьох- (I_3) і т. д. відбивань. Зрозуміло, ці складові багаторазово відбитої звукової енергії в точку надходять з різних боків і через певні проміжки часу. Вони створюють так звану гучність приміщення і не тільки підвищують рівень звукового тиску шуму в приміщенні, а й різко погіршують розбірливість мови. Загальний рівень шуму в приміщенні буде зростати доти, поки звукопоглинання всіма поверхнями не врівноважиться надходженням звукової енергії.

Рівень звукового тиску, створюваного відбитою енергією в будь-якій точці приміщення, можна визначити за формулою:

$$I_{відб} = L_i - 10 \lg V + 10 \lg T + 14, \qquad (8.8)$$

де V — об'єм приміщення, м^2;

T — час збільшення шуму, с.

Час збільшення шуму в приміщенні дорівнює часу його згасання після припинення дії джерела утворення звуків. Цей час можна визначити експериментально (наприклад, виміряти його після пострілу зі стартового пістолета) чи за формулою $T = 0{,}16\ V / S_1\ \alpha_{ср}$).

У цехах час згасання коливається в межах 1–9 с, для суднових приміщень він дорівнює 1–15 с. Щоб зберегти розбірливість мови, оптимальним часовим згасанням на частотах 500–1000 Гц для малих приміщень можна вважати 0,5 с, для великих — 0,8–1 с. На більш низьких частотах оптимальний час згасання шуму T трохи зростає.

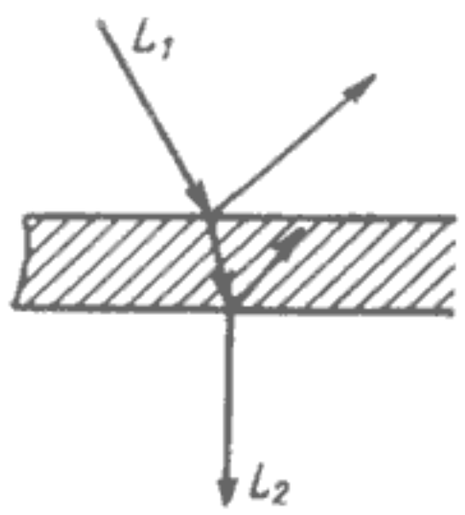


Рисунок 8.17
Схема до визначення поняття звукоізоляції

У будь-якій звукопоглинальній конструкції в теплоту перетворюється лише частина поглинутої енергії, інша ж проходить через конструкцію, утворюючи пізніше звукові хвилі, амплітуди яких менші за вихідні. Враховуючи це, конструкції можуть характеризуватися величиною звукоізоляції, тобто різницею рівнів звукового тиску перед конструкцією — L_1 і за нею — L_2 (рис. 8.17) Цей показник визначають за формулою $\Delta L_i = L_1 - L_2$.

Звукоізоляція конструкцій на частотах 300–3000 Гц така:

- одношарова:

$$\Delta L_i = 20 \lg (P_1 f) - 60; \qquad (8.9)$$

- двошарова з повітряним проміжком:

$$\Delta L_i = 13{,}5 \lg (P_1 + P_2) + 13 + \Delta C, \qquad (8.10)$$

де P_1, P_2 — маса 1 м^2 першого і другого шарів;
ΔC — звукоізоляція повітряного проміжку між стінками (визначається за рис. 8.18).

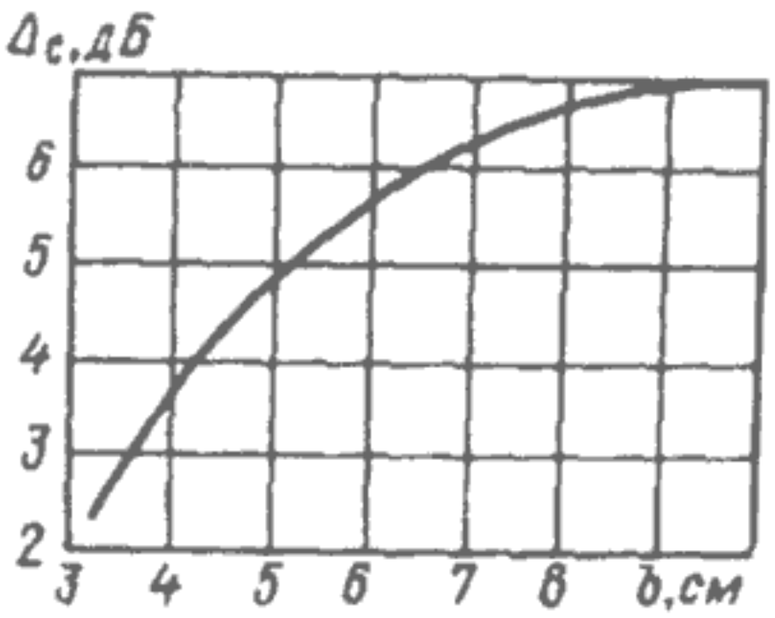


Рисунок 8.18
Залежність зниження шуму від ширини повітряного проміжка

Використовуючи формули (8.9) і (8.10), треба враховувати, що вони дають лише наближене значення звукоізоляції. Це пояснюється тим, що, крім маси, на звукоізоляцію конструкції також істотно впливають умови її встановлення. Так, приварювання ребер жорсткості різко погіршує її звукоізоляцію (рис. 8.19). При жорсткому закладанні конструкції звукоізоляція зменшується внаслідок збільшення передачі звукової енергії через місця закладення.

Наявність щілин між конструкцією і місцем закладання, отворів у конструкції також різко знижує її звукоізоляцію. При цьому істотне значення має розмір отворів і щілин. Зі зменшенням їхнього розміру, тобто зі збільшенням відношення довжини хвилі до розміру отвору, втрати звукової енергії зростають. Тому кілька десятків невеликих отворів, розташованих у різних частинах конструкції, погіршують звукоізоляцію більше, ніж один великий отвір такої ж площі (рис. 8.20).

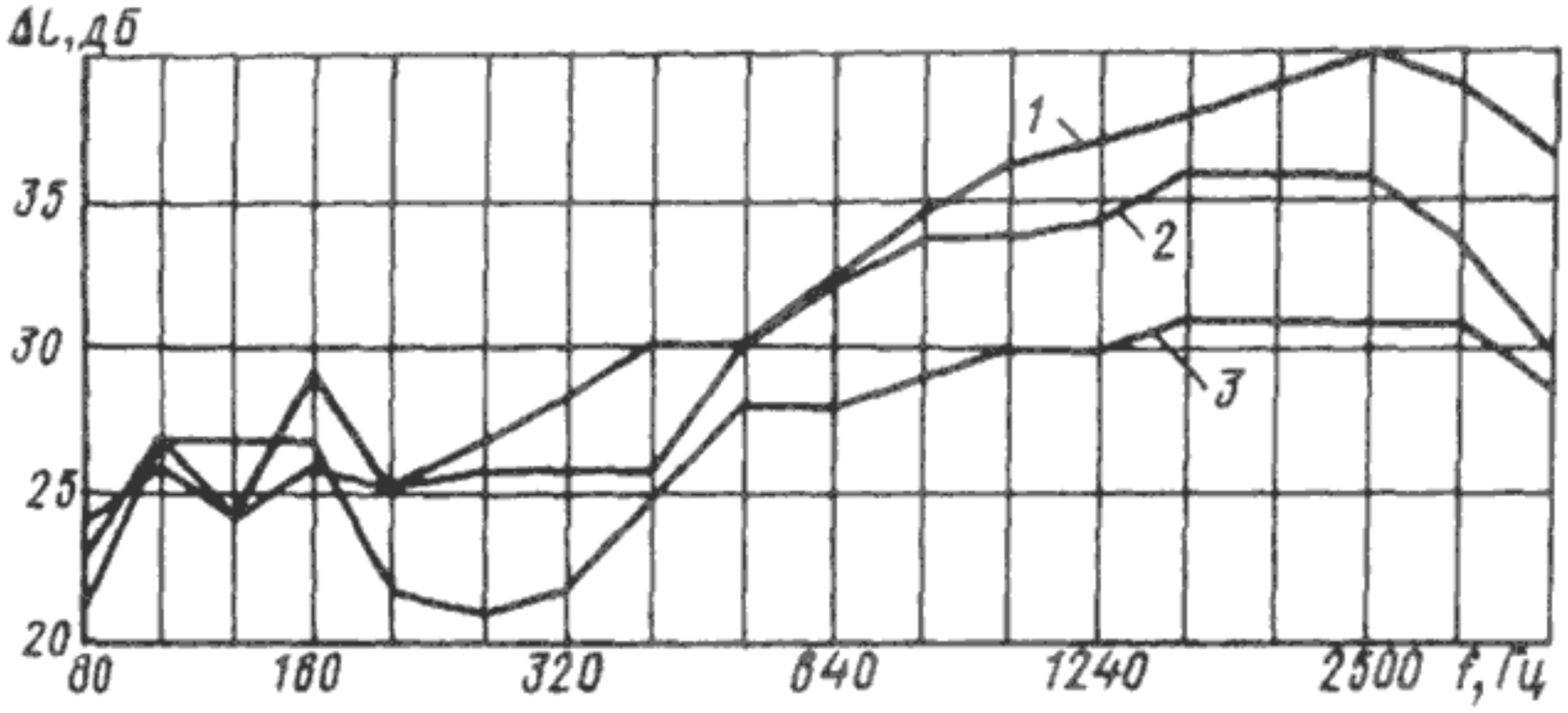


Рисунок 8.19

Залежність величини звукоізоляції сталевої стінки від частоти звуків: 1 – стінка без ребер жорсткості; 2 – стінка з ребрами жорсткості зі штабобульбу № 6; 3 – стінка з ребрами жорсткості зі штабобульбу № 2

Отже, висока ефективність звукоізоляції будь-якої конструкції досягається завдяки щільності її кріплення до основних несучих елементів і відсутності металевого зв'язку між ними.

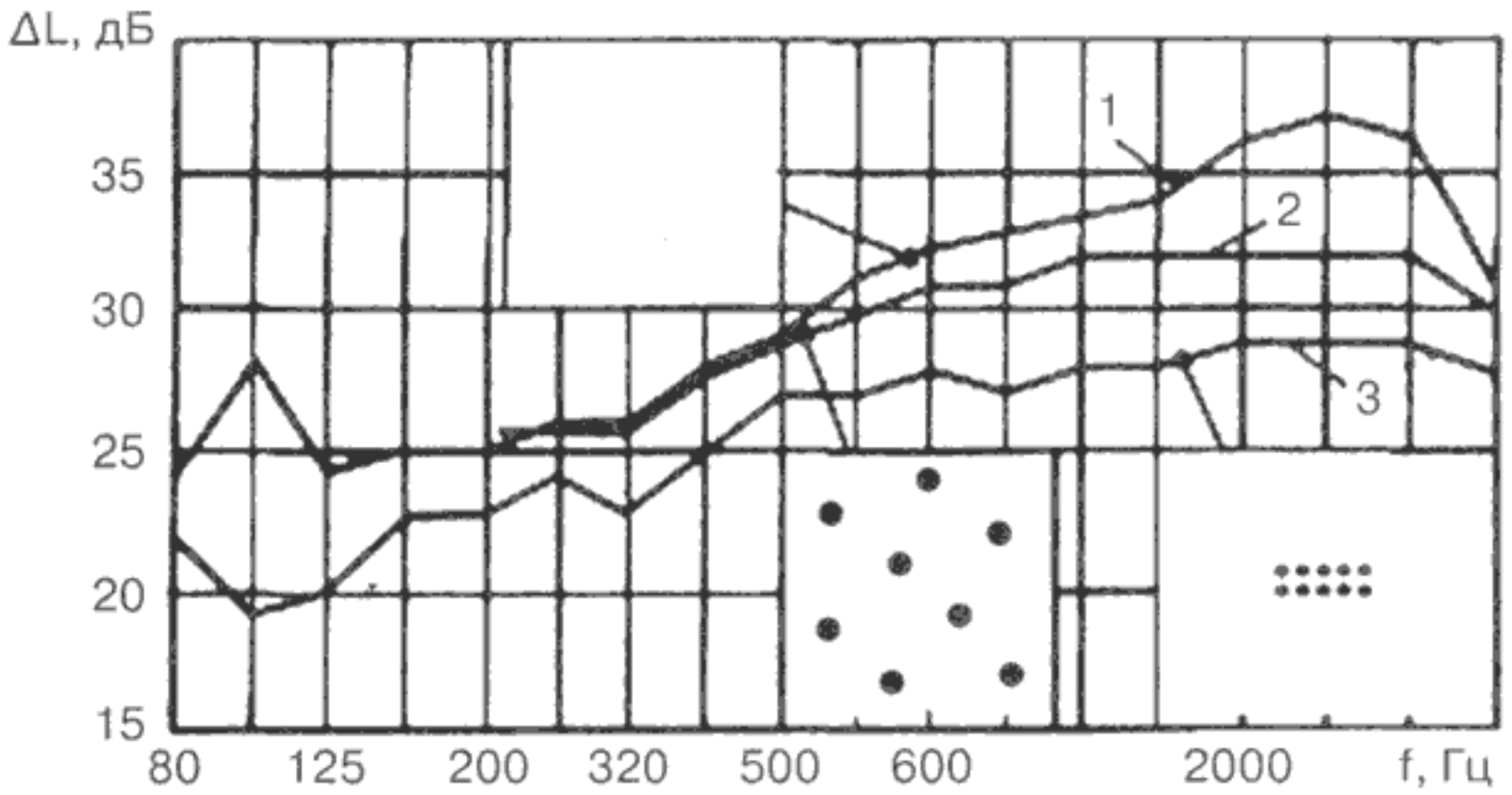


Рисунок 8.20

Залежність величини звукоізоляції від частоти звуків при різному розташуванні отворів у перегородці: 1 – за відсутності отворів; 2 – при рівномірному розташуванні отворів; 3 – при зосередженому розташуванні отворів

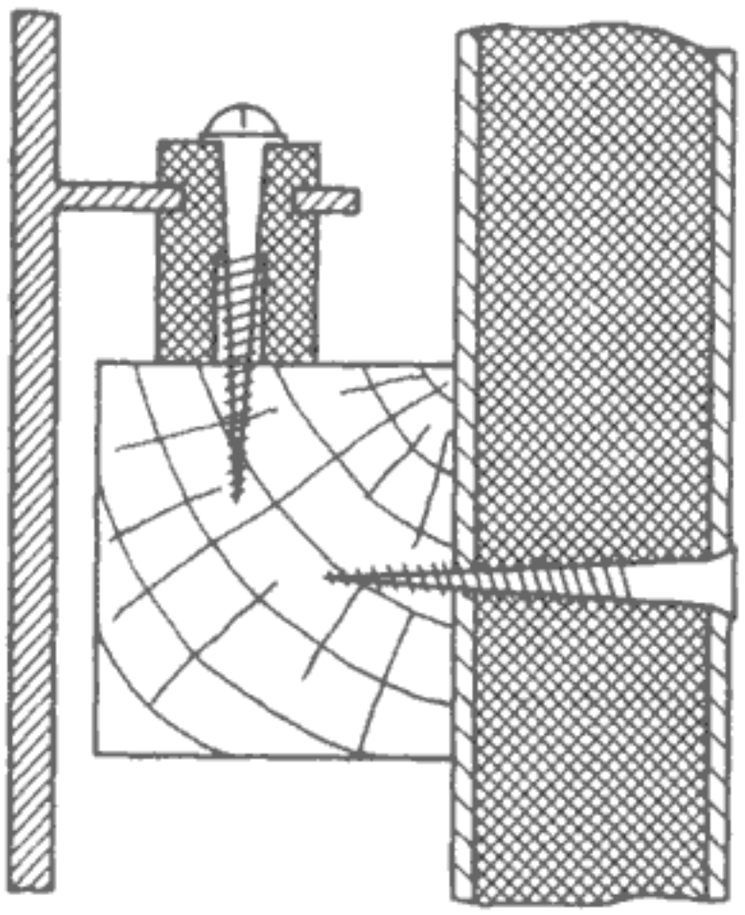


Рисунок 8.21
Деталі кріплення одностінної перегородки до несучих конструкцій

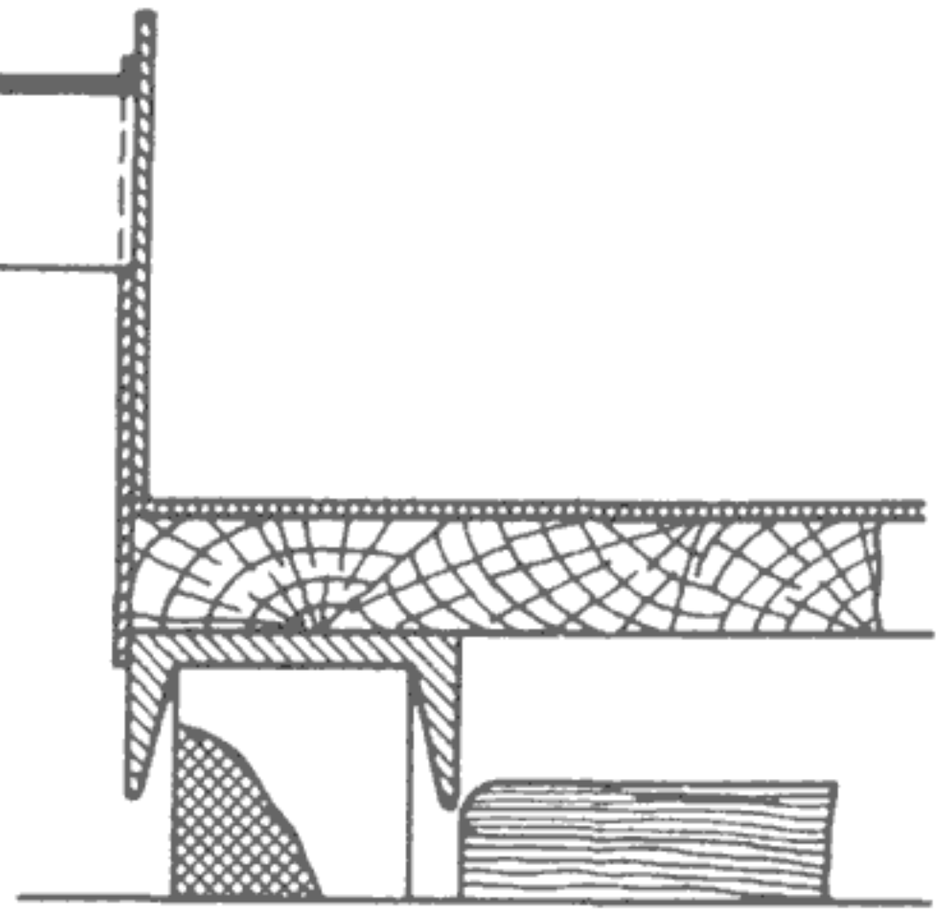


Рисунок 8.22
Деталі установки «плаваючої» каюти

На рис. 8.21 показано варіант кріплення одностінної перегородки, що застосовується на суднах. Коркові чи гумові еластичні прокладки дають змогу забезпечити задовільну водонепроникність цих вузлів і високу ефективність звукоізоляції. Цікавим видається також застосування на суднах так званих «плаваючих» кают (рис. 8.22).

У галузі розробки технічних засобів захисту від шуму й вібрації є великі досягнення. Однак знизити рівні цих негативних явищ, що виникають при багатьох технологічних процесах, до значень, які допускаються нормативними документами, у даний час поки що неможливо. У таких випадках необхідно змінювати режим робочого часу й використовувати індивідуальні засоби захисту. Незалежно від конструкції цих засобів захисту в їх роботі використовується принцип ослаблення звукової енергії при проходженні її через різні середовища внаслідок перетворення звукових коливань у теплову енергію.

§ 8.9. Індивідуальні засоби захисту

Індивідуальні засоби захисту класифікують залежно від перекриття шляхів проходження звукової енергії до слухового апарату людини. Такими шляхами є слуховий прохід вушної раковини, тканини вушної раковини, кістки черепа, тка-

нини організму людини. Відповідно до цього індивідуальними засобами захисту є вкладиші (втулки), напіввтулки, навушники, шоломи і шумоізолювальні костюми. В окрему групу виділяються електронні засоби захисту.

Вкладиші призначені для перекриття слухового проходу вушної раковини. Звукоізоляція вкладишів залежить насамперед від щільності їх прилягання до стінок слухового проходу. Найпростіше пристосування такого типу — тампони з вати.

Широко використовуються вкладиші різних конструкцій. Їх виготовляють з різних матеріалів: ультратонкого волокна ФПП-15, тонкостінної гуми із звуконепроникним наповнювачем, дрібнопористої гуми і т. ін. Однак такі вкладиші малоефективні і застосовуються при рівнях шуму до 80–95 дБ.

Напіввтулка дає змогу перекривати не тільки слуховий прохід, а й частково вушну раковину. Це певною мірою поліпшує її звукоізолювальні якості. Однак основною відмінністю напіввтулки від вкладиша є те, що її можна використовувати для кріплення радіотелефонних переговорних пристроїв. Кріпляться вони за допомогою спеціальної дуги — наголов'я.

Навушники призначені для повної ізоляції вушної раковини від шуму. Вони також кріпляться за допомогою наголов'я. Великий інтерес становить захисна каска з навушниками. Ефективність захисту таких навушників дуже висока.

Шоломи дають змогу ізолювати слуховий апарат людини як від повітряного шуму, так і від шуму, що проникає в результаті провідності кісток черепа.

Шумоізолювальні костюми застосовують для повної ізоляції організму людини від впливу шуму при високих рівнях звукового тиску (140 дБ і більше).

Електронні засоби захисту у процесі своєї роботи створюють коливання повітряного середовища з протилежною фазою порівняно з повітряними коливаннями.

§ 8.10. Розрахунок рівнів звукового тиску шуму в приміщеннях

Рівень шуму в приміщеннях розраховують з метою розробки заходів, які забезпечували б його зниження до значень, допустимих санітарними нормами. Вихідними величинами для розрахунку є дані заводів-виготовлювачів, що наводяться в паспортах на виготовлюване устаткування.

Щоб встановити всі розрахункові залежності, використовують фізичну величину, яка визначає рівень шуму, — силу шуму. Кінцевий результат розрахунку — визначення рівня звукового тиску. Для цього спочатку потрібно визначити необхідну силу звуку.

Якщо рівні звукового тиску задано в напів- чи третьоктавних або в більш вузьких смугах, то його загальний рівень в октавних смугах визначається в такий спосіб. Сумарна величина сили шуму в октавній смузі:

$$I_c = I_1 + \ldots + I_n, \qquad (8.11)$$

де $I_1,\ldots,I_n$ — сила шуму в окремих частинах октави. Із залежності (8.4) сила шуму дорівнює $I_3 = I_0 \cdot 10^{0,1L_3}$.

Підставивши отримане значення I_3 у формулу (8.11), винесемо I_0 за дужки. Тоді

$$I_c = I_0 \cdot (10^{0,1L_1} + \ldots + 10^{0,1L_n}). \qquad (8.12)$$

У формулі (8.12) значення $L_1,\ldots, L_n$ задаються заводом-виготовлювачем, звідси можна визначити I_c. Перейдемо до рівнів звукового тиску, тобто:

$$10lg\frac{I_c}{I_0} = 10lg\frac{I_0\left(10^{0,1L_1} + 10^{0,1L_n}\right)}{I_0}. \qquad (8.13)$$

У лівій частині формули (8.13) одержимо загальний рівень звукового тиску в октавній смузі L_c. Після скорочення правої частини (8.13) на I_0 дістанемо

$$L_c = 10\ \lg\ (10^{0,1L_1} + \ldots + 10^{0,1L_n}). \qquad (8.14)$$

Рівень звукового тиску в точці, розташованій на відстані r від джерела шуму на відкритому майданчику, визначають так. Припустимо, що джерело рівномірно випромінює звукову енергію в просторі (рис. 8.23). Тоді сила звуку в довільно заданій точці на відстані r від джерела шуму, якщо знехтувати його згасанням у середовищі поширення (повітрі), дорівнює:

$$I_r = W / S = W / (2\pi r^2). \qquad (8.15)$$

Величини акустичної потужності наводяться в паспорті на устаткування, тому вони відомі. Перейдемо до рівнів звукового тиску, тобто:

$$10lg\frac{I_r}{I_0} = 10lg\left(\frac{W}{W_0}\frac{1}{r^2}\frac{1}{2\pi}\right). \qquad (8.16)$$

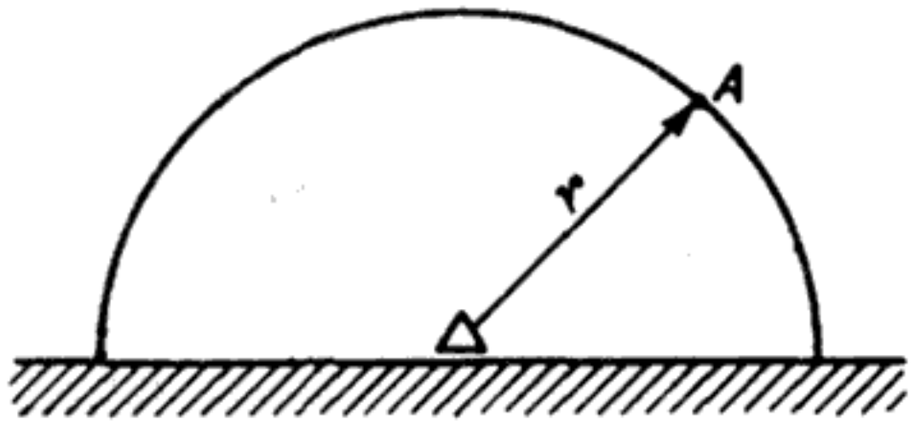


Рисунок 8.23
Схема до визначення рівня звукового тиску в точці, розташованій на r від джерела шуму на відкритому майданчику

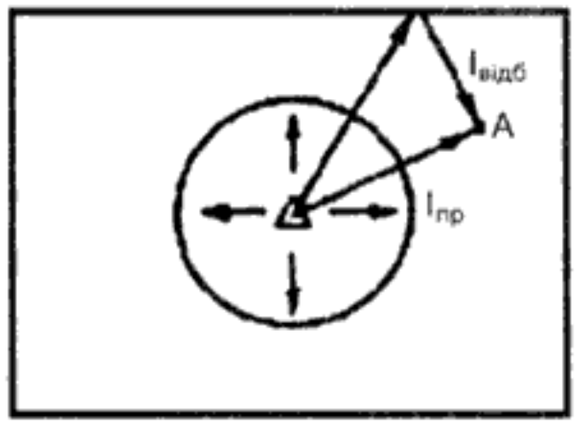


Рисунок 8.24
Схема до визначення рівня звукового тиску в приміщенні

Ліва частина виразу (8.16) являє собою рівень звукового тиску в точці на відстані r, а права частина — логарифм добутку, і її можна подати так:

$$L_r = 10\,lg\frac{W}{W_0} - 20\,lg\,r - 10\,lg\,2\pi\,. \qquad (8.17)$$

Перший доданок у формулі (8.17) являє собою рівень звукового тиску, яке створює джерело шуму $L_{дж}$, тому вираз (8.17), беручи до уваги згасання коливань у середовищі поширення, набуде вигляду:

$$L_r = L_{дж} - 20\,\lg r - 8 - \Delta, \qquad (8.18)$$

де Δ — згасання шуму в повітрі, його значення залежно від середньогеометричної частоти октавних смуг наведено нижче (див. табл. 8.9):

Таблиця 8.9
Значення величини згасання шуму в повітрі

f, Гц	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Δ, дБ/км	0	0,7	1,5	3	6	12	24	48

Рівень звукового тиску з врахуванням відбитої звукової енергії (наприклад, у приміщенні, рис. 8.24) визначають так. Припустимо, що джерело шуму рівномірно випромінює звукову енергію навколо себе. Тоді сила шуму в будь-якій заданій точці приміщення буде складатися із сили прямого $I_{пр}$ і відбитого $I_{відб}$ звуків, тобто:

$$I_r = I_{\text{пр}} + I_{\text{відб}}. \tag{8.19}$$

Сила прямого звуку визначається за формулою (8.15), але, враховуючи, що $S = 4\pi r$, сила відбитого звуку становитиме

$$I_{\text{відб}} = 4W / R, \tag{8.20}$$

де R — стала приміщення. Значення R визначається за формулою:

$$R = S_1 \alpha_{\text{ср}} /(1 - \alpha_{\text{ср}}), \tag{8.21}$$

де S_1 — площа огородження приміщень;
$\alpha_{\text{ср}}$ — середній коефіцієнт звукопоглинання огородження приміщення.

$$\alpha_{\text{ср}} = \frac{S_1\alpha_1 + \ldots + S_n\alpha_1}{S_1 + \ldots + S_n}, \tag{8.22}$$

де $S_1 + \ldots + S_n$ — площа огородження, що має свої коефіцієнти поглинання звукової енергії;
$\alpha_1, \ldots, \alpha_n$ — коефіцієнти звукопоглинання окремими ділянками приміщення (визначаються за табл. 8.7 і 8.8).

Якщо джерело шуму знаходиться на підлозі посередині приміщення, на підлозі посередині стінки приміщення, на підлозі в кутку приміщення, то рівень звукового тиску буде визначатися аналогічно. Але у виразі для площі (8.15) змінять-ся коефіцієнти 4π, 2π, π, $\pi/2$. Для практичних розрахунків зручніше користувати-ся формулою (8.15). Вплив місця встановлення джерела шуму в приміщенні на рівень шуму в точці враховується за допомогою коефіцієнта спрямованості B: поблизу центра приміщення $B = 1$, на підлозі в центрі приміщення $B = 2$, на підлозі посередині стіни $B = 4$, на підлозі в кутку приміщення $B = 8$.

Підставивши значення $I_{\text{пр}}$ і $I_{\text{відб}}$ у формулу (8.19) і врахувавши коефіцієнт спрямованості, після перетворень дістанемо:

$$I_r = \frac{BW}{S} + \frac{4W}{R} = W\left(\frac{B}{4\pi r^2} + \frac{4}{R}\right). \tag{8.23}$$

Рівень звукового тиску визначимо за формулою (8.23), логарифмуючи відношення лівої частини до I_0 і правої частини до W_0, тобто:

$$10\,lg\frac{I_r}{I_0}=10\,lg\left[\frac{W}{W_0}\left(\frac{B}{4\pi r^2}+\frac{4}{R}\right)\right], \qquad (8.24)$$

чи роблячи відповідні буквені заміни у (8.24). Після нескладних перетворень одержимо

$$L_r = L_{дж} + 10\,lg\left(\frac{B}{4\pi r^2}+\frac{4}{R}\right). \qquad (8.25)$$

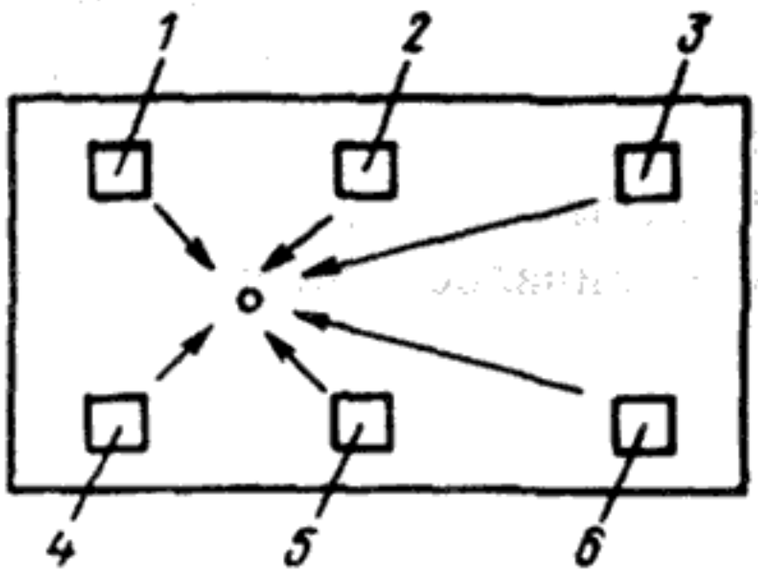


Рисунок 8.25
Схема до визначення рівня звукового тиску від 6 джерел шуму

У виробничих приміщеннях знаходиться, як правило, кілька джерел шуму. Найчастіше їх багато. ***Рівень звукового тиску в заданій точці від декількох джерел шуму*** (рис. 8.25) визначають шляхом додавання сили шуму від кожного джерела, тобто $I_n = I_1 + \ldots + I_n$, де $I_1, \ldots, I_n$ — сила шуму від кожного джерела на відстані r.

Припустимо, що $I_1 = \ldots = I_n$, тобто сила шуму від усіх джерел у заданій точці однакова. Тоді

$$I_n = I \cdot n, \qquad (8.26)$$

де n — кількість джерел шуму.

Рівень звукового тиску одержимо логарифмуванням відношення правої і лівої частин рівності (8.26) до I_0, тобто

$$10\,lg\frac{I_n}{L_0}=10\,lg\frac{I_n}{I_0}n\,. \qquad (8.27)$$

Замінивши буквені позначення у формулі (8.27), після нескладних перетворень дістанемо:

$$L_п = L_{дж} + 10\ \lg n = L_{дж} + \Delta_1, \qquad (8.28)$$

де Δ_1 — збільшення, що залежить від кількості джерел звуку (див. табл. 8.10); при $n = 2$ $\Delta_1 = 3$, при $n = 10$ $\Delta_1 = 10$.

Таблиця 8.10

Значення максимального рівня шуму

L_1–L_2	0	1	2	3	4	5	6	8	10
Δ_1	3	2,5	2,1	1,8	1,5	1,2	1,0	0,6	0,4

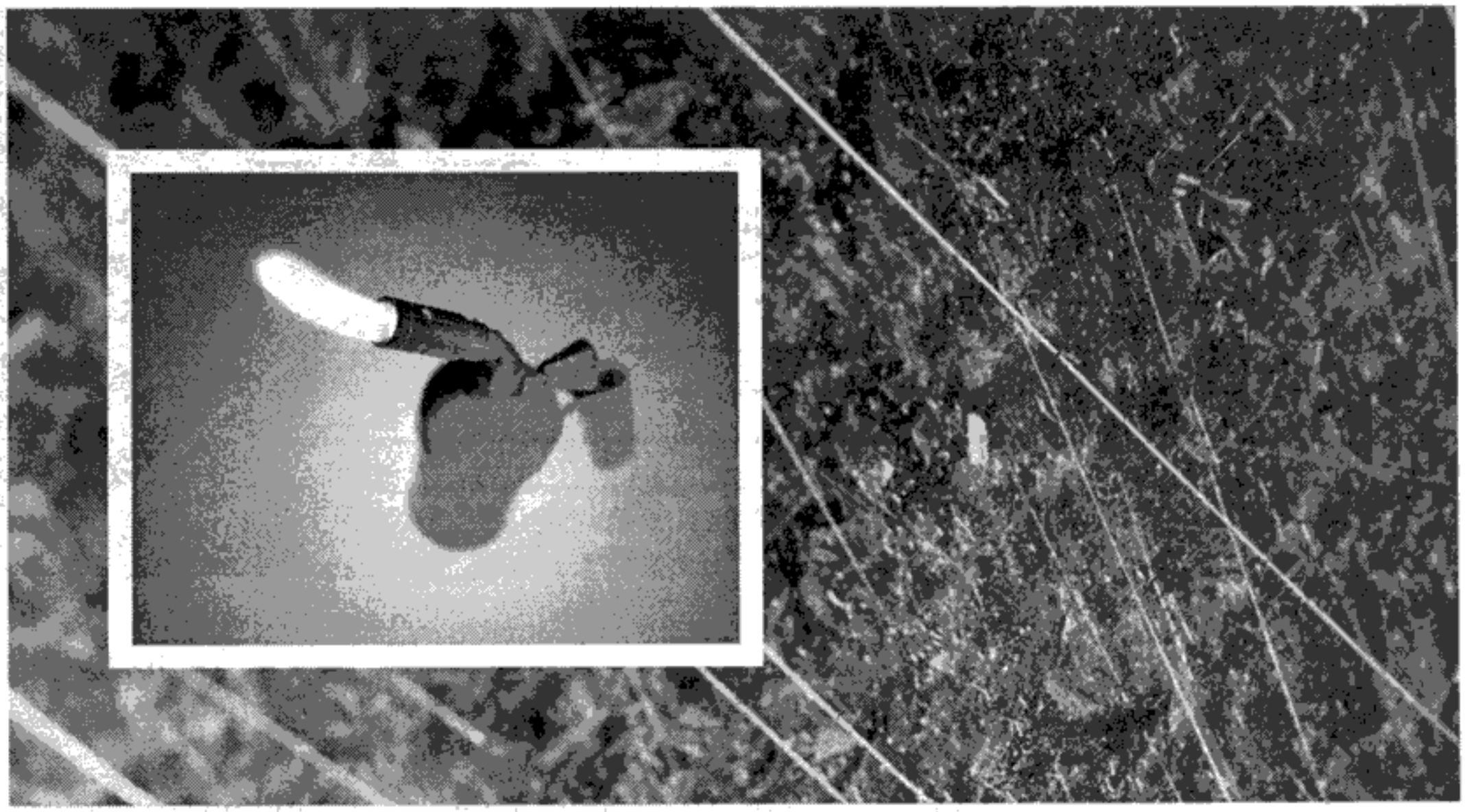
Формула (8.25) застосовується і при різних рівнях звукового тиску джерел шуму. У таких випадках збільшення залежить від різниці рівнів звукового тиску двох джерел і підсумовується за максимальним рівнем шуму. Його значення наведено у табл. 8.10.

Якщо в точці шум створюється кількома джерелами з різними рівнями звукового тиску, то загальний рівень звукового тиску визначається по черзі для кожних двох джерел. При цьому джерела, що відрізняються від обраного для обчислень більш як на 10 дБ, у розрахунку до уваги не беруться.

Величина допустимого рівня шуму $L_д = L_{пс} + \Delta_2$, де $L_{пс}$ — рівні шуму по ПС (див. табл. 8.3); Δ — поправка, що залежить від тривалості дії шуму й інших факторів.

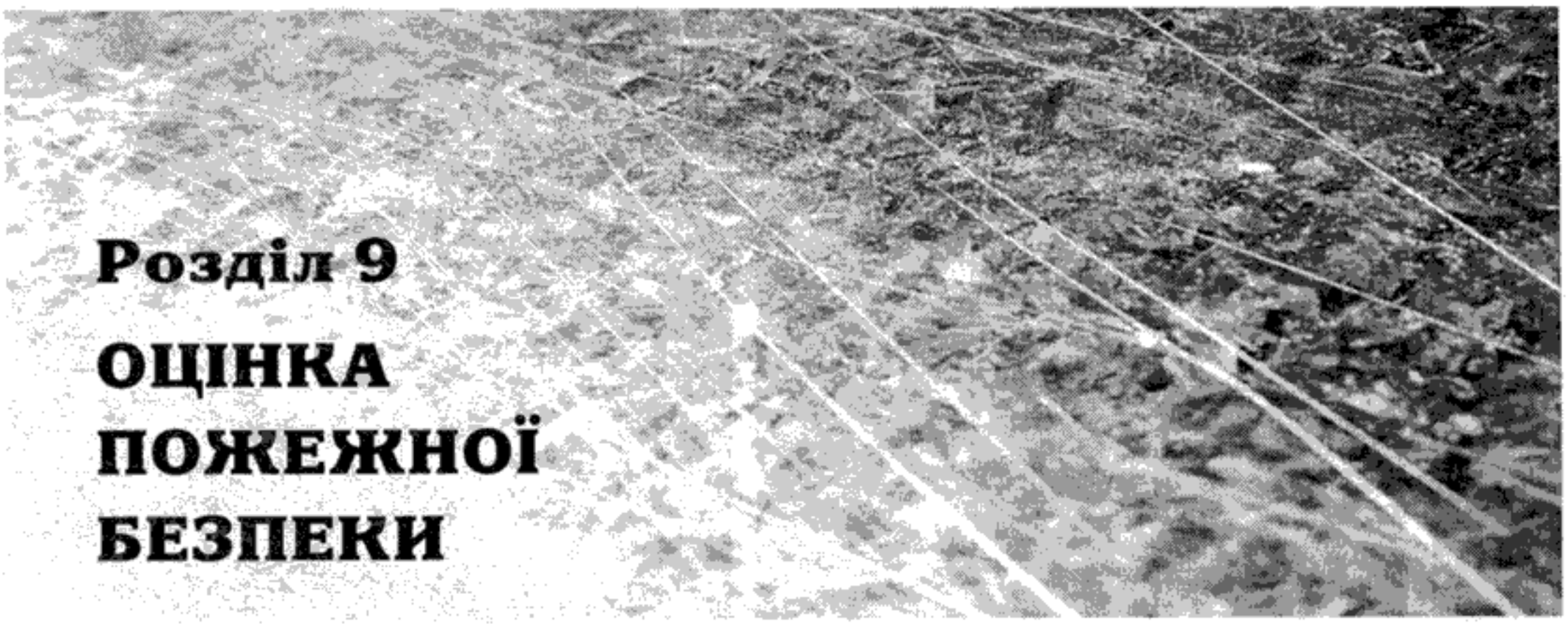
Контрольні запитання

1. *Чим відрізняються рівні сили і гучності шуму?*
2. *Чому вібрація, шум, інфра- та ультразвук нормуються в октавних смугах?*
3. *Коли застосовують октавні й вузькосмугові аналізатори спектра?*
4. *Які методи зниження рівня шуму використовують при проектуванні будівель та устаткування, а також при їх експлуатації?*
5. *Як визначити допустимий рівень шуму на робочому місці?*
6. *Як визначити рівень шуму на робочому місці при проектуванні будівель?*
7. *Як впливає відбитий шум на загальний рівень шуму в цеху?*
8. *Чим відрізняються об'єктивні прилади вимірювання шуму від суб'єктивних?*
9. *Чому устаткування створює шум широкого спектра, де є інфра- та ультразвуки?*
10. *Як утворюється звукове поле в будівлі, приміщенні?*
11. *Яка принципова відмінність між звукопоглинанням і звукоізоляцією?*



Частина IV

ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ПОЖЕЖНОЇ БЕЗПЕКИ НА ПІДПРИЄМСТВІ



Розділ 9
ОЦІНКА ПОЖЕЖНОЇ БЕЗПЕКИ

§ 9.1. Стан пожежної безпеки

Можливості людства різко зросли, коли воно навчилося використовувати, а потім і добувати вогонь. Саме він зумовив зміни в структурі продуктів харчування. Споживання м'яса, риби, хліба, які пройшли теплову обробку, прискорило розумовий розвиток людини. Без вогню немислимі технологічні процеси — навіть найпростіші, зокрема гончарна справа.

Одночасно вогонь показав, яку величезну небезпеку приховує він у собі тоді, коли людина втрачає над ним контроль. Вогненна стихія здатна знищити не тільки окремі житла, а й цілі міста: у 64 р. н. е. — Рим; у 1666 р. — Лондон, у 1812 р. — Москва. У 1812 р. в Москві з 9151 будинку згоріло 6 596. Та й інші стали практично непридатними для життя.

Таблиця 9.1

Динаміка пожеж в Україні протягом 1985–2002 рр.

Кількість	Роки							
	1985	1994	1995	1996	1997	1998	2001	2002
пожеж	14985	51752	47875	46819	42481	41294	35767	36756
у містах	6180	33376	31972	31591	29001	27706	–	–
у селах	8796	18376	15910	15233	13480	13588	–	–
загиблих	996	1724	2067	2441	2347	2002	3524	3616
знищено будинків	1472	8073	8198	14407	12263	13121	18537	21144

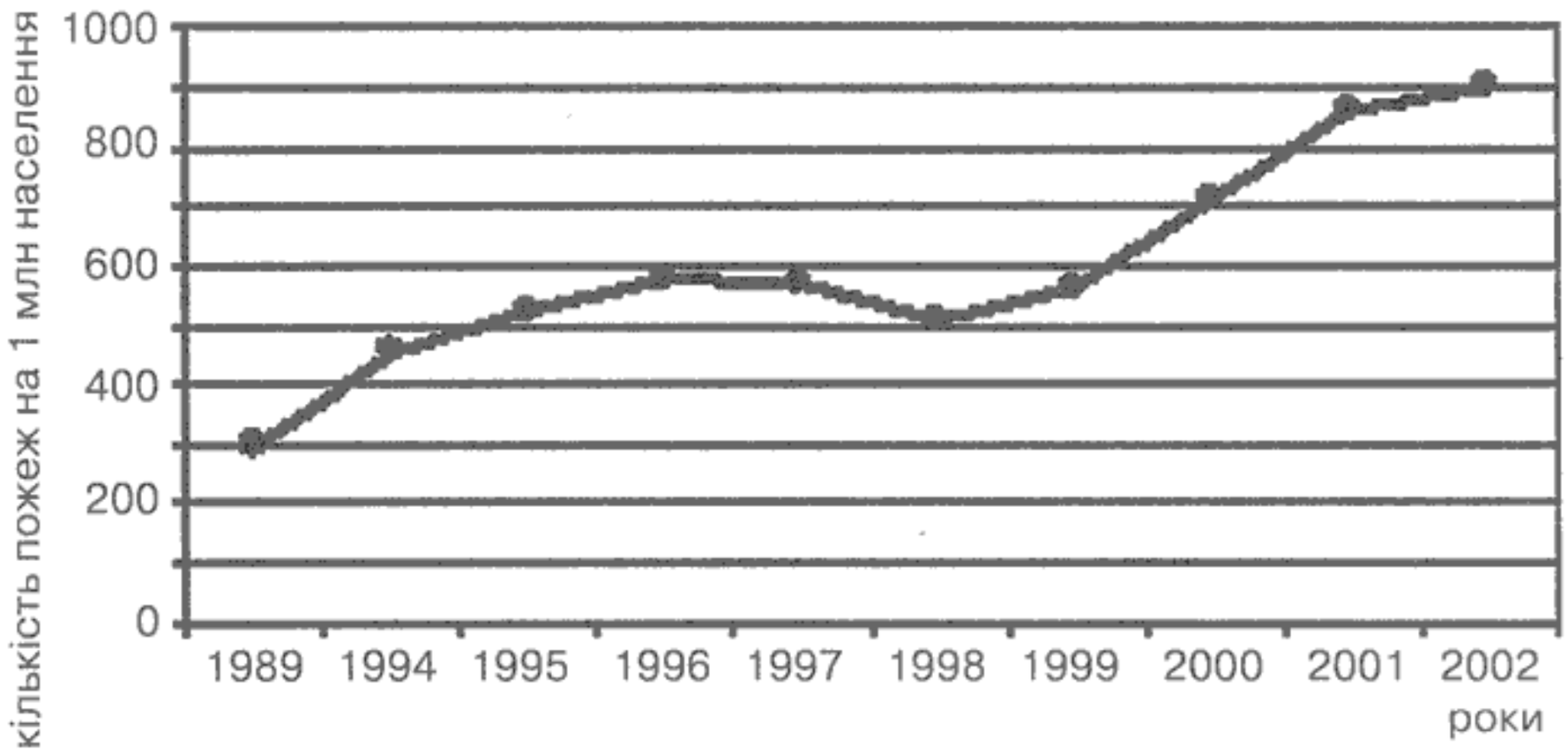


Рисунок 9.1
Динаміка пожеж в Україні (1989–2002 рр.), (за розрахунками на 1 млн населення)

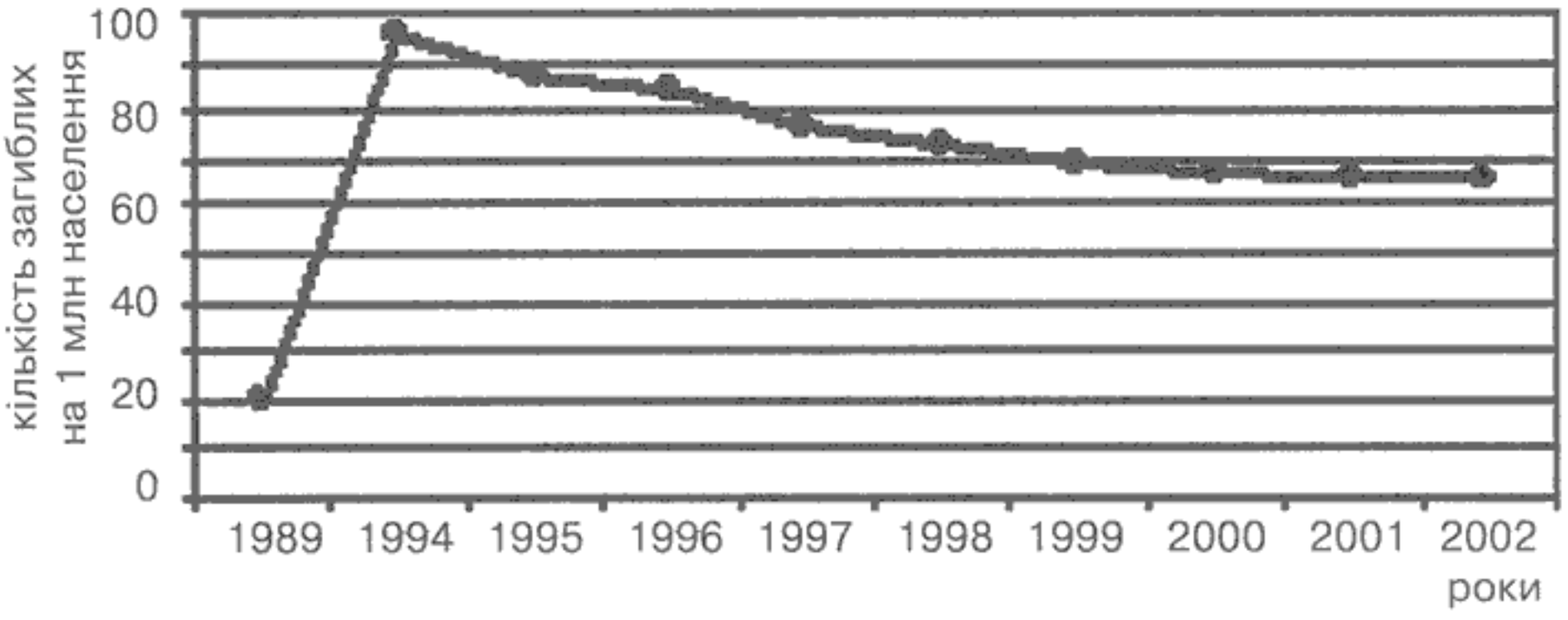


Рисунок 9.2
Кількість загиблих під час пожеж в Україні (1989–2002 рр.)
(за розрахунками на 1 млн населення)

З розвитком людського суспільства, незважаючи на колосальні зрушення в розвитку техніки для боротьби з вогнем, актуальність цієї теми, на жаль, не зменшується.

Це стосується й України: якщо в 1985 р. було зареєстровано 14 985 пожеж, то в 1994 р. — 51 752 (табл. 9.1), тобто кількість пожеж збільшилася майже втричі. І якщо впродовж наступних років кількість пожеж щорічно дещо зменшувалася, то однак навіть у 2002 році їх сталося 36 756.

Таблиця 9.2

Економічні та людські втрати від пожеж в Україні

Показники пожеж	2001 рік	2002 рік
Кількість пожеж	35 767	36 756
Збитки: прямі	77 929 000	88 751 000
загальні	231 363 000	313 555 000
Кількість загиблих	3524	3616

Вражає різке зростання катастрофічних наслідків пожеж. Так, якщо в 1985 р. згоріло 1472 будинки, то в 2002 р. — 21 144. Якщо в 1985 р. під час пожеж загинуло 996 чоловік, то у 2002 р. — 3616 (табл. 9.1).

Різко збільшується і питома кількість пожеж, що припадає на 1 млн населення (рис. 9.1).

Тенденція до посилення актуальності боротьби з пожежами, очевидно, збережеться і надалі. Це пов'язано з різким збільшенням використання вибухо- (газів) і пожежонебезпечних (нафтопродуктів) речовин як у виробництві, так і в побуті, розробкою нових пожеженебезпечних матеріалів, концентрацією виробництва і т. ін. Усі вищезазначені чинники позначаються і на економічних збитках від пожеж. Лише прямі втрати від пожеж у 2002 р. в Україні становили 88 млн грн., а загальні — 313 млн грн, або 1,2 дол. на одну людину. Власне кажучи, ці втрати значно нижчі, ніж в інших країнах: в Італії — 4 дол., у Франції — 5 дол., у Великобританії — 8 дол., у Німеччині — 13 дол., у США — 15 дол.

В Україні значно кращі показники з пожежної безпеки і порівняно з іншими країнами (табл. 9.3).

Таблиця 9.3

Відносні показники пожеж

Країна	Кількість пожеж на 100 тис. населення	Кількість загиблих на 1 млн населення	Збитки на 1 млн населення, млн $	Час надходження даних, роки
Японія	5	16	-	1990–1995
Україна	7,2	72,3	1,4	2002
Білорусь	14,8	70	0,36	1987
Росія	18,5	93,6	1,61	1987
США	88	23	32,4	1990–1995

Особливо небезпечні лісові пожежі. Вони не тільки змітають з лиця Землі ліс, завдаючи величезної екологічної шкоди довкіллю, а й знищують родючий шар землі на глибину до 25 см, на створення якого природа витратила мільйони років. Економічні збитки від цих пожеж визначити практично неможливо.

Так 16–17 травня 1990 р. в Іркутській області (Росія) під впливом штормового вітру за 3 год. пожежа поширилася на 8 міст і 20 районів. У гасінні цієї пожежі брали участь 1358 працівників пожежної охорони, 40 службовців органів внутрішніх справ, 460 військовослужбовців, 5374 особи місцевого населення. Було використано 255 одиниць пожежної техніки і 160 одиниць іншої техніки. Унаслідок пожежі загинуло 27 чоловік, згоріло 747 житлових будинків, 1123 дачних будиночки, загинуло 190 голів худоби.

Великої шкоди завдають пожежі і дефіцитним уже в наш час водним ресурсам Землі. Так, для гасіння тільки однієї пожежі в середньому витрачається до 50 $м^3$ води. Щорічно на Землі відбувається близько 6 млн пожеж. Загальна кількість води, що використовується для гасіння пожеж, становить 300 млн т. Вода, яка використовується під час гасіння пожеж, у більшості випадків забруднюється розчинними отруйними речовинами й отруює не тільки ґрунтові води, а й нерідко великі водойми і ріки. Так, 1 листопада 1986 р. у швейцарському м. Базелі на складі заводу «Швайцерхал» сталася пожежа. Тут зберігалося 1246 т отруйних речовин. Унаслідок пожежі вони розчинилися у воді і через каналізаційну мережу потрапили в р. Рейн. У річці опинилося близько 30 т отруйних речовин, з них близько 200 кг ртуті.

§ 9.2. Теоретичні основи горіння

Горінням називаються хімічні реакції, що супроводжуються виділенням тепла і світінням. Воно можливе за наявності горючої речовини, окислювача і джерела займання. ***Горючою речовиною*** може бути тверда, рідка чи газоподібна речовина, у якій за певних умов можуть виникати хімічні реакції з виділенням теплоти.

Окислювачами можуть бути хлор, фтор, сірка й інші речовини. Але в більшості випадків окислювачем є кисень повітря. Крім цього, горіння можливе за участі кисневмісних речовин, які при нагріванні розкладаються з виділенням кисню, наприклад, бертолетова сіль:

$$2KCl_3 + Q \rightarrow 2KCl + 3ПРО_2,$$

де Q — кількість теплоти, необхідна для нагрівання бертолетової солі до температури її розкладання.

1. Cl_2 + vγ Cl + Cl;
2. Cl + H_2γ HCl + H;
3. H + Cl_2γ HCl + Cl
і т. п.

1. H_2 + Q_2 + Qγ OH + OH;
2. OH + H_2γ H_2O +H;
3. H + O_2γ OH + H;
4. а) OH + H_2γ H_2O + H;
   б) H + Q_2 γ OH + O

Рисунок 9.2

Ланцюгові реакції: а – нерозгалужувані; б – розгалужувані

Такі ж властивості мають марганцевокислий калій ($KMnO_3$), селітра (KNO_3, $NaNO_3$) і деякі інші речовини.

Горіння може бути не тільки окисним процесом. Воно може відбуватися й у результаті розкладання деяких речовин (наприклад, ацетилену) з виділенням теплоти.

Джерело займання — це будь-яке тіло, що має необхідний запас теплоти. Як правило, таким запасом теплоти володіє будь-яке тіло з температурою порядку 500 °С (відкрите полум'я, гарячі й розпечені тіла, електричний розряд, іскри від удару тощо.)

Теоретичні основи горіння розробили академіки О. М. Бах та І. М. Семенов. Відповідно до цієї теорії, під впливом променистої енергії молекули окремих речовин розпадаються на атоми і радикали, тобто частинки з підвищеною хімічною активністю. Це приводить до розвитку ланцюгових реакцій, які можуть бути розгалужуваними й нерозгалужуваними.

Прикладом нерозгалужуваних ланцюгових реакцій є горіння водню в хлорі (рис. 9.2, а). З рисунка видно, що поглинання молекулою хлору кванта світлової енергії приводить до утворення двох хімічно активних атомів хлору (перший цикл). Атом хлору вступає в реакцію з молекулою водню, утворюючи HCl — негорючу речовину, що не бере участі в реакції горіння, й атом водню — активну речовину. Атом водню вступає в реакцію з молекулою хлору і знову утворює HCl — неактивну речовину, що випадає з реакції горіння, й атом Cl — активну речовину. Характерною ознакою цих реакцій можна вважати те, що до їх початку була одна активна частинка, а в результаті таких реакцій утворилася також тільки одна активна частинка.

Прикладом розгалужуваної реакції може бути горіння водню в кисні (рис. 9.2, б). Як видно з рисунка, за умови впливу джерела теплоти достатньої інтенсивності на суміш водню з киснем у результаті їхньої взаємодії виникають дві активні частинки (OH) (перший цикл). Частинка (OH) вступає в реакцію з молекулою водню, у результаті чого виникає одна активна частинка (H) (другий цикл). Атом водню вступає в реакцію з молекулою кисню (третій цикл), але якщо в результаті друго-

го циклу утворилася одна активна частинка (Н), то в третьому — дві (ОН і Н). У четвертому циклі вони дадуть два самостійних цикли — 4а і 4б. Реакція ніби вдвічі прискорюється. У результаті продовження реакції циклу 5 знову спостерігатиметься нове прискорення реакції.

Припинення ланцюгових реакцій може відбуватися природним шляхом, наприклад, при зіткненні двох активних центрів біля стінки за формулою:

$$H + H \rightarrow H_2 ,$$

чи штучним шляхом при введенні в суміш третьої речовини, яка виконує роль окислювача. Ця речовина повинна бути більш хімічно активною. У результаті реакції

$$H + O_2 + M \rightarrow H_2O + M'$$

утворюється речовина, яка не підтримує горіння.

§ 9.3. Види горіння

Загальновідомо, що при абсолютному нулі за шкалою Кельвіна всі речовини, у тому числі і горючі, перебувають у твердому стані. Щоб перевести речовини в інший агрегатний стан (спочатку рідкий, а потім і газоподібний), необхідно їх нагріти, тобто передати від якого-небудь джерела певну кількість тепла, необхідну для збільшення й підтримування температури, що забезпечує цей агрегатний стан. Ця кількість тепла залежить від властивостей речовини. Для з'єднання горючих речовин з окислювачем необхідно, щоб вони перебували в газоподібному стані. Щоб речовини перейшли в газоподібний стан, до них необхідно підвести теплоту, тобто підвищити їх температуру, на що вони реагують по-різному. Так, сірка при нагріванні спочатку плавиться, потім випаровується; деревина і папір розкладаються з утворенням газу; рідкі горючі речовини випаровуються. Деякі речовини (деревне вугілля, кокс тощо) при нагріванні не розкладаються на газоподібні продукти. У цьому випадку їх з'єднання з окислювачем відбувається в поверхневому шарі, однак при певній температурі.

Інтенсивність протікання хімічних реакцій залежить також і від концентрації газоподібних продуктів горючих речовин у повітрі. Випаровування цих речовин відбувається і при нормальних умовах, тобто при Т = 20...30 °С, і створює певну концентрацію горючих речовин у повітрі. Однак при дії джерела займання на цю суміш горюча речовина поблизу джерела займання згоряє, утворюючи в процесі

горіння тепло. Однак це тепло розсіюється, не досягаючи іншої частини горючої речовини. Візуально горіння не спостерігається. Коли температура горючої речовини підвищується, інтенсивність її перетворення в газо- чи пароподібні продукти збільшується. При певній температурі за умови дії джерела займання згоріла поблизу нього горюча речовина виділяє стільки тепла, що полум'я поширюється на всю суміш. Однак і в цьому випадку підготовлена до горіння (у паро- і газоподібному стані) горюча речовина згоряє, чітко видно полум'я. При цьому утворюється певна кількість тепла. Основна частина його розсіюється в повітрі, а якась частина повертається до горючої речовини. Але цього тепла недостатньо для утворення такої кількості горючої суміші, що згоріла. Горіння припинилося. Необхідно й далі нагрівати горючу речовину за допомогою стороннього джерела тепла. З підвищенням температури інтенсивність перетворення її в газоподібні продукти збільшиться. Отже, при згорянні підготовленої суміші збільшиться і кількість утвореного тепла. При певній температурі горючої речовини інтенсивність її випаровування, а отже, і концентрація її газоподібних продуктів у повітрі буде такою, що тепла, яке повернулося до горючої речовини, буде досить для підтримання її горіння. Починається самонагрівання горючої речовини. У результаті самонагрівання горюча речовина без зовнішнього джерела теплоти нагрівається до температури, при якій інтенсивність випаровування стає достатньою для горіння. Тому при контакті суміші з джерелом займання горюча речовина почне горіти, з'явиться полум'я і виникне стійкий процес горіння, що може тривати до повного вигоряння речовини. Отже, у загальному випадку схематично розглянутий вище процес горіння можна уявити так:

$$ГВ + Q_1 + O + Q_2\gamma \quad ПГ + Q_3,$$

де ГВ — горюча речовина;
O — окислювач;
Q_1 — кількість теплоти, необхідна для нагрівання горючої речовини до температури, при якій відбувається її розкладання;
Q_2 — кількість теплоти, необхідна для займання;
ПГ — утворені продукти горіння;
Q_3 — кількість теплоти, що утворилася в результаті горіння.

Залежно від співвідношення теплоти, яка надходить до горючої речовини, і теплоти, утвореної при горінні, розрізняють такі види горіння.

Спалах — вид горіння від джерела займання, коли кількість утвореної теплоти Q_3 значно менша від підведеної до речовини ($Q_1 + Q_2$). Тому підготовлена кількість горючої речовини згоряє і горіння припиняється. Мінімальна температура,

при якій з'являється спалах, називається ***температурою спалаху***. При такій температурі над поверхнею горючої речовини утворюються пари або гази, здатні спалахувати в повітрі від джерела займання, але швидкість їх утворення ще недостатня для подальшого горіння.

Залежно від температури спалаху розрізняються легкозаймисті рідини (ЛЗР), до яких належать рідини, що мають температуру спалаху нижче +45 °С, і горючі рідини, до яких належать рідини з температурою спалаху вище +45 °С (табл. 9.4.)

Займання — вид горіння, що виникає також від джерела займання, коли в результаті горіння утворюється кількість теплоти (Q_3), принаймні рівна з підведеною до речовини ($Q_1 + Q_2$), а в більшості випадків і значно більша. Тому за час згоряння підготовленої до горіння речовини утворюється така ж кількість нової горючої речовини.

Таблиця 9.4

Деякі характеристики розчинників лакофарбових матеріалів

Рідина	Температура, °С	
	спалаху	самозаймання
Ацетон	–20	500
Бутилацетат	13	375
Бутиловий спирт	28	410
Ксилол	17–25	495
Толуол	4	549
Уайт-спірит	35	270
Етиловий спирт	11	423
Етилацетат	–4	400
Розчинники:		
Р-4	–7	550
РК-5-1	25	376
Р-2	30	382
Р-40	–7	415
В46	–7	403
В47	5	424
В48	13	388

Таблиця 9.5

Деякі характеристики твердих горючих матеріалів і речовин

Матеріал, речовина	Температура, °С		Швидкість вигорян-ня, кг/(м²×хв)	Теплотвірна здатність, ккал/кг
	займання	самозаймання		
Антрацит	300	500		8000–9000
Папір розпушений			0,48	3200
Вініпласт	580	580		4321
Гетинакс марки В	285	480		5283–5486
Дерматин	165	165		5146
Деревина соснова	255	399	0,9–6,7	3300
Каучук натуральний	129		0,8	10 700
Кам'яне вугілля	350	500		6000
Натрій металічний		370	0,9	2600
Гума	270	400	0,67	8000
Текстоліт			0,4	5000
Торф у караванах	230	280	0,18	2700
Толь	210	407	0,24	3750
Бавовна розпушена	260	372		4235

Відбувається процес самонагрівання речовини і переходу її в газоподібний стан. Горіння є стійким і може припинитися лише після вигоряння горючої речовини або ж спеціальними способами. Таке горіння характеризується ***температурою займання***, тобто мінімальною температурою горючої речовини, при якій швидкість виділення горючих парів чи газів така, що після їх займання від джерела займання виникає стійке горіння. Температура займання залежно від горючої речовини на 2...30 °С більша від температури спалаху (табл. 9.5).

Самозаймання — горіння без контакту горючої речовини з джерелом займання, що виникає в результаті утворення теплоти в самій горючій речовині в результаті певних процесів або підведення теплоти ззовні і підвищення її температури до температури займання. Залежно від процесів, при яких утворюється теплота і підвищується температура горючої речовини, розрізняють теплове, хімічне і мікробіологічне самозаймання.

Теплове самозаймання виникає в результаті нагрівання горючої речовини за рахунок теплоти, що надходить від зовнішнього джерела. Так, якщо горючу речовину нагрівати, то навіть за відсутності джерела займання при якійсь певній температурі вона обов'язково займеться.

Мікробіологічне самозаймання виникає за рахунок теплоти, що виділяється при інтенсивному розвитку окремих видів мікроорганізмів, які є в горючій речовині. Наприклад, при зберіганні торфу певної вологості в ньому інтенсивно розвиваються мікроорганізми, що виділяють теплоту. Це приводить до підвищення температури торфу і більш інтенсивного розвитку мікроорганізмів, і отже, до більш інтенсивного утворення теплоти. Якщо ця теплота відводиться погано, то в торфі відбувається її нагромадження, що спричинює підвищення його температури. При температурі торфу близько 75 °С усі мікроорганізми, що знаходяться в ньому, припиняють свою життєдіяльність. Однак уже при температурі 70 °С починається окислення окремих речовин з утворенням теплоти, тому температура торфу продовжує підвищуватися до його займання. Наприклад, самозаймання торфу під час перевезення його на суднах, горіння териконів біля вугільних шахт і т. ін.

Хімічне самозаймання виникає за рахунок теплоти, яка виділяється в результаті хімічних реакцій, що відбуваються в горючій речовині. Наприклад, олія при будь-якій температурі окислюється. Однак при низькій температурі, невеликій площі окислення і поганому відведенні теплоти температура олії може спочатку дещо підвищитися. Підвищення температури збільшує активність окислення, що приводить до збільшення кількості утвореної теплоти і її нагромадження в олії. Кінцевий підсумок цього процесу — займання олії. Так, при тривалому зберіганні промасленого ганчір'я в закритій тарі воно може зайнятися. Причиною цього є те, що ганчір'я складається з окремих ниток, а останні — з окремих ворсинок. У результаті площа окислення значно збільшується. При зберіганні ганчір'я в закритій, навіть металевій тарі відведення теплоти утруднене. Теплота, що утворюється при окисленні, накопичується в ганчір'і і його температура поступово підвищується. Кінцевий результат цього — займання ганчір'я.

Мінімальна температура, при якій відбувається самозаймання речовини, називається ***температурою самозаймання***. Залежно від горючої речовини вона коливається в межах +350.. +550 °С (табл. 9.5).

Вибух — вид горіння, що виникає від відкритого джерела займання, коли в реакцію горіння вступають горючі речовини з низькою температурою кипіння, і тому при нормальній температурі (+20 °С) вони перебувають у газо- чи пароподібному стані (або є твердою горючою речовиною, що однак перебуває в пилоподібному стані, для якого характерна надзвичайно велика питома поверхня). Згоряння відбувається дуже швидко з утворенням великої кількості теплоти. Однак і

в цьому випадку займання газів можливе тільки при їх певному співвідношенні з окислювачем. Оскільки в більшості випадків у виробничих і побутових умовах як окислювач використовується кисень повітряного середовища, то його вибухонебезпечність визначається концентрацією вибухонебезпечних речовин у повітрі.

Мінімальна концентрація газів називається ***нижньою межею займання*** $N_н = 100 / [4{,}76 \cdot (N + 1)]$; максимальна концентрація газів називається ***верхньою межею займання*** $N_в = 400 / (4{,}76 \cdot N + 4)$, де N — кількість атомів кисню, необхідна для згоряння однієї молекули горючої речовини (табл. 9.6).

Вибухобезпечною вважається концентрація горючої речовини, що становить 5 % нижньої межі займання.

Таблиця 9.6

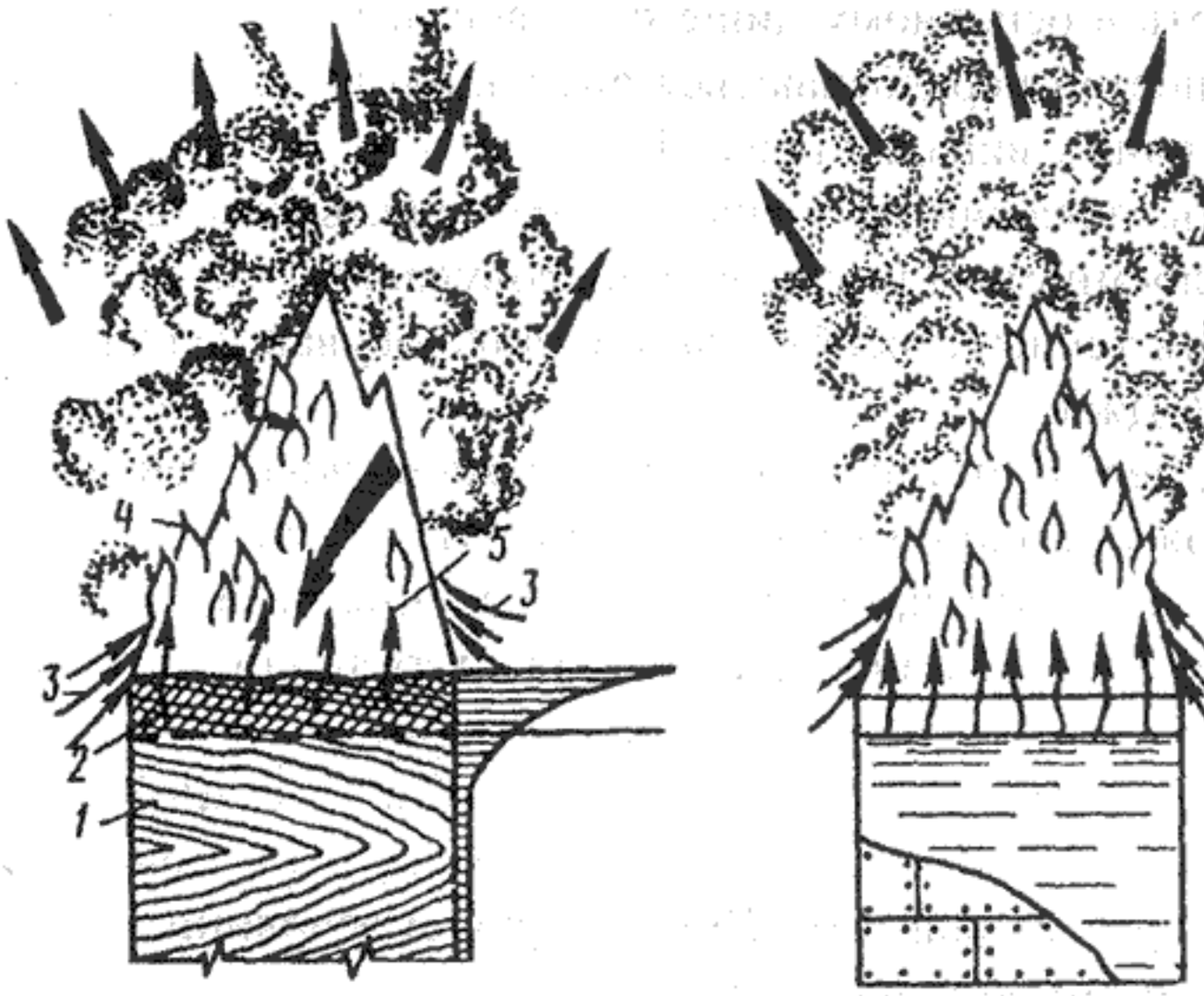
Характеристики вибухонебезпечності горючих газоподібних речовин

Речовина	Температура самозаймання, °С	Межа вибуховості			
		нижня		верхня	
		% за об'ємом	мг/л	% за об'ємом	мг/л
Аміак	651	16	111,2	27	187,7
Ацетилен	335	3,5	37,2	82	870
Бутан	490	1,6	38	8,5	201,5
Водень	530	4,15	3,45	75	62,5
Водяний газ	500...600	7,12	–	66...72	–
Генераторний газ	450...550	20,7	221	73,7	785
Доменний газ	500...600	35	315	74	666
Коксовий газ	640	4,4	–	34	–
Метан	550	5	32,6	16	104,2
Оксид вуглецю	610	12,8	145	75	850
Пропан	530	2,3	42,5	9,5	170,5
Природний газ	550...750	3,8	–	13,2	–
Сірководень	510	4,3	60,5	45,5	642,2
Етан	530	3	36,1	15,34	180,5
Етилен	540	3	34,8	–	392

Примітка. Риска означає відсутність даних.

§ 9.4. Способи гасіння пожеж

Щоб гасіння пожежі було успішним, необхідно створити в зоні горіння такі умови, коли самочинне продовження цього процесу стає неможливим.



а)

б)

Рисунок 9.3

Схема процесу горіння: а – деревини: 1 – деревина; 2 – шар, де відбувається розкладання на газоподібні продукти; 3 – повітря; 4 – зона полуменевого горіння; 5 – газоподібні продукти, утворені внаслідок прогрівання

Розглянемо механізм горіння твердих речовин на прикладі деревини (рис. 9.3, а). Припустимо, що процес горіння триває досить довго і набув стійкого характеру. У цьому випадку розкладання деревини *1* на газоподібні продукти відбувається тільки в шарі *2* товщиною 10–20 мм, який прогрівається до температури +200...+700 °С. Утворені продукти 5 змішуються з повітрям 3 і згоряють, утворюючи зону полуменевого горіння 4.

Рідкі речовини мають аналогічний механізм горіння (рис. 9.3, б). Утворення пароподібних продуктів тут також відбувається в шарі рідини товщиною 10–20 м.

Спільним для горіння як твердих, так і рідких речовин є те, що в горінні беруть участь не всі горючі речовини, а тільки та їх частина, що досягла температури розкладання речовини й температури необхідної інтенсивності утворення парів чи газів. Товщина цього шару становить 10–20 мм. У зону виходу горючих газів підсмоктується повітря. При цьому утворюється суміш газів і повітря, що вступає в реакцію, утворюючи зону факельного горіння.

Припинити горіння можна одним з таких способів:

1) видаленням горючої речовини із зони горіння;

2) зниженням температури горючої речовини до значень, нижче яких інтенсивність утворення газоподібних продуктів буде недостатньою для горіння;
3) припиненням доступу повітря в зону виходу гарячих парів і газів (окислювача);
4) ізоляцією горючих парів і газів від окислювача;
5) видаленням активних центрів із зони горіння.

Перший спосіб застосовують в основному лише при гасінні горючих рідин. Для цього в нижній частині ємностей передбачаються спеціальні аварійні трубопроводи, по яких видаляється рідина у випадку пожежі.

Другий спосіб застосовують, подаючи до місця горіння воду, вогнегасна дія якої пов'язана з її великими теплоємністю і теплотою випаровування.

Теплоємність — це кількість теплоти, необхідна для випаровування 1 кг води. Для води вона дорівнює 3336 Дж/кг.

Теоретично кількість води, необхідної для гасіння пожежі, можна визначити з теплового балансу. Горіння можна припинити, якщо температуру горючої речовини знизити до температури, при якій припиняється утворення газоподібних продуктів. Для цього із зони горіння необхідно видалити кількість теплоти

$$Q = Q_д + Q_п + Q_м , \qquad (9.1)$$

де $Q_д$ — кількість теплоти в нагрітому шарі (10–20 мм) горючої речовини;
$Q_п$ — кількість теплоти екзотермічних процесів;
$Q_м$ — кількість теплоти, що надходить до поверхні горючої речовини від полум'я із зони горіння.

Кількість теплоти, що відводиться з водою при її подачі до горючої речовини, дорівнює

$$Q_г = Q_н + Q_в, \qquad (9.2)$$

де $Q_н$ — кількість теплоти, необхідна для нагрівання води від початкової температури до температури кипіння;
$Q_в$ — кількість теплоти, необхідна для випаровування води.

Розрахунки за формулами (9.1) і (9.2) показують, що якби вода повністю використовувалася для відведення теплоти, то її питома витрата становила б 0,5 л на 1 м^2 поверхні горіння.

Однак навіть у випадку найуспішнішого гасіння пожеж витрата води дорівнює 50–100 л/м^2 і нерідко сягає 1500–2000 л/м^2, тобто коефіцієнт використання води в більшості випадків надзвичайно низький через високий коефіцієнт поверхневого натягу і невелику в'язкість води. Наслідком цього є те, що основна маса

води, яка подається до місця горіння, стікає і не бере участі у відведенні теплоти. (Відомий випадок, коли скинутий в річку стос палаючої бавовни навіть після того, як його витягли з води через кілька місяців, продовжував жевріти зсередини).

Підвищити ефективність гасіння пожеж водою можна, збільшуючи її змочувальну здатність і в'язкість, створюючи більш сприятливі умови для її випаровування, а отже, і більш інтенсивного відведення теплоти.

Збільшення змочувальної здатності досягається шляхом додавання до води спеціальних речовин (ОП-7, ОП-10, ПО-1 і т. ін.). Аналогічно збільшують і в'язкість води. Для цього використовують альгінат натрію, калій карбоксиметилцелюлозу й інші речовини. Застосування цих речовин дає змогу зменшити кількість води, що подається для гасіння пожежі, у 5–10 разів, а також зменшити збитки, яких завдають пожежі, на 15–20 %.

Перспективним способом для збільшення коефіцієнта використання води є її подача до місця горіння у вигляді розпилених струменів, тобто дрібних крапель. При цьому варто враховувати, що зі зменшенням розмірів крапель різко збільшується їх питома поверхня, що сприяє підвищенню інтенсивності випаровування, а отже, і підвищенню інтенсивності відведення теплоти із зони горіння. Однак зі зменшенням розмірів крапель погіршується їхня транспортувальна здатність. Крапля діаметром 0,1 мм у зоні горіння повністю випаровується за 0,04 с. За цей час вона не встигає навіть пройти зону факельного горіння. Для гасіння пожежі її необхідно доставити до поверхневого шару речовини з температурою +200...+700 °С.

Отже, максимальна ефективність гасіння буде при оптимальних розмірах крапель, що залежить від температури горіння речовини. Так, для гасіння палаючого бензину оптимальний розмір крапель 0,1 мм, гасу і спирту — 0,3 мм, нафтопродуктів — 0,5 мм і т. ін.

Гасіння пожеж водою є основним способом боротьби з ними. Це поки що єдиний спосіб, що дає змогу знизити температуру в зоні горіння й унеможливити повторне самозаймання. Але цей спосіб не завжди є доцільним через ряд причин. Так, вода може реагувати з деякими металами (натрієм, калієм тощо) і речовинами (карбідом кальцію). Велика густина води призводить до того, що на її поверхню спливають нафтопродукти. Це сприяє не гасінню пожежі, а її поширенню. Вода проводить струм, тому її не можна застосовувати для гасіння устаткування, що перебуває під напругою і т. ін.

Для гасіння пожежі становить інтерес перемішування рідких горючих речовин при їх горінні в резервуарах шляхом подавання повітря. У процесі горіння бере участь тільки поверхневий шар товщиною 10–20 мм, що має високу температуру. Інша частина рідини, що знаходиться в резервуарі, захищена цим шаром від променистої енергії, що утворюється під час горіння, і має низьку температуру.

Отже, якщо рідину перемішати, то температура цього шару знизиться і горіння припиниться. Цього можна домогтися, випускаючи в нижню частину резервуара повітря. Цей спосіб рекомендується для гасіння пожеж у резервуарах з горючими рідинами, що мають температуру спалаху вище +60 °С.

Третій спосіб застосовують для створення в зоні горіння середовища, яке не підтримує горіння. Зниження вмісту кисню в навколишньому середовищі до 10–12 % приводить до припинення горіння більшості речовин. Тільки деякі з них здатні горіти або жевріти при вмісті кисню 5–10 %. Отже, якщо горіння відбувається в закритому приміщенні, то кисень повітряного середовища поступово використовується, його концентрація зменшується і через певний час горіння припиняється.

Прискорити припинення горіння можна, подаючи в приміщення інертні гази, які не підтримують горіння: діоксид вуглецю, азот, аргон, водяну пару, відпрацьовані гази тощо. При відповідній концентрації, залежно від інертного газу, горіння припиниться. Наприклад, горіння ацетону припиняється при концентрації двоокису вуглецю в повітрі 9 % (за об'ємом) й азоту 6,5 %, бавовни — відповідно 6 і 4 %. Достоїнством даного способу є те, що при гасінні пожежі в приміщенні устаткування і майно не псуються. Цей спосіб можна застосовувати лише для захисту приміщень, які під час пожежі можна герметизувати. Крім того, теплота з осередку горіння видаляється лише шляхом випромінювання в навколишнє середовище, тому температура в приміщенні знижується дуже повільно. При передчасному відкритті доступу повітря в приміщення в ньому може статися теплове самозаймання.

Застосування інертних газів для гасіння пожеж теж обмежене. Так, діоксид вуглецю не можна застосовувати для гасіння лужних металів, деяких гідридів металів і їхніх сполук, до складу молекул яких входить кисень, і т. ін. Азот не можна застосовувати в тих випадках, коли існує небезпека утворення нітридів металів, що мають вибухонебезпечні властивості (магній, алюміній, літій, цирконій тощо).

Четвертий спосіб передбачає застосування піни, що являє собою колоїдну систему з пухирців повітря і є одним із найбільш досконалих і широко застосовуваних засобів вогнегасіння шляхом ізоляції горючої речовини від окислювача. Вогнегасна дія піни полягає насамперед в ізолювальному ефекті і частково — в охолодженні гарячої поверхні водою, що міститься в піні.

Основні характеристики піни — кратність, стійкість, дисперсність і в'язкість. Кратність піни — це відношення обсягу піни, що утворилася, до обсягу використаного пінорозчину. Стійкість піни характеризує її опірність руйнуванню. Дисперсність характеризується розмірами пухирців.

Достоїнство піни як засобу вогнегасіння — її невелика питома маса. Це дає змогу застосовувати її для гасіння нафтопродуктів. Велика кратність піноутворення використовується як об'ємний засіб гасіння пожеж шляхом подачі і заповнення піною всього об'єму приміщення.

П'ятий спосіб є найбільш досконалим способом гасіння пожеж (див. рис. 9.2). Сутність його полягає в тому, що в зону утворення активних центрів, тобто в зону горіння, подають хімічно більш активну речовину, ніж окислювач. У результаті хімічної реакції цієї горючої речовини утворюється речовина, яка не підтримує горіння. Активні центри ліквідуються, і горіння припиняється. Для цього застосовують спеціальні засоби — інгібітори.

Як інгібітори застосовують галогенвуглеводневі сполуки, наприклад, бромфторхлорпохідні метану й етану. У нашій країні широко застосовуються хладон 114В2. За кордоном віддають перевагу іншим хладонам: так, у США — 13В1, у Великобританії — 12В1 тощо. Хладон 114В2 — важка рідина зі специфічним запахом. Він має високу густину як у рідкому, так і в газоподібному стані, що забезпечує можливість створення струменя і проникнення його крапель у полум'я.

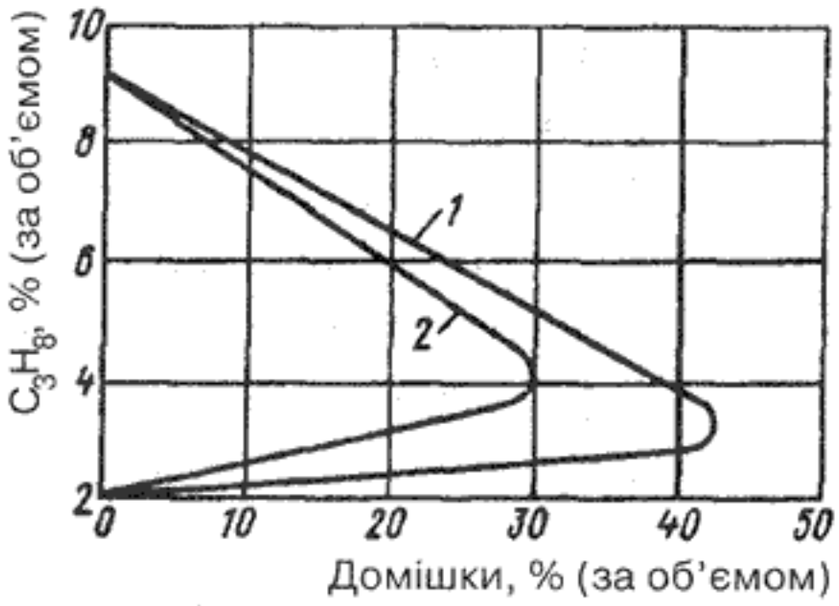


Рисунок 9.4
Зони займання пропану у повітряному середовищі з добавками: 1 – CO_2; 2 – хладон 114В2

З рис. 9.4 видно, що вогнегасна концентрація (за об'ємом) азоту становить 42 %, CO_2 — 28 %, а хладону 114В2 — лише 3,2 %. Достоїнством хладону 114В2 є насамперед дуже низька температура замерзання (–110 °С), що дає змогу застосовувати його і при від'ємних температурах.

Бромхладони застосовують для об'ємного і поверхневого гасіння невеликих осередків пожеж усіх видів нафтопродуктів, твердих спалимих матеріалів органічного походження (водню й ін.). Їх також застосовують також для створення вибухобезпечного середовища з метою попередження вибухів.

Бромхладони не можна застосовувати для гасіння металів, деяких металоорганічних сполук, гідридів металів, а також у тих випадках, коли окислювачем є не кисень, а інші речовини. Недоліком бромхладонів є те, що при гасінні пожежі вони утворюють отруйні гази.

Останнім часом широко застосовують порошкові вогнегасні речовини. Вони можуть бути загального і спеціального призначення. Порошкові речовини загального призначення (ПСБ, ПФ) застосовують для гасіння вуглеводневих горючих речовин. Порошки спеціального призначення (СІ) застосовують для гасіння металів.

Вогнегасні властивості порошків пояснюються інгібуванням процесу горіння, розбавленням горючого середовища газоподібними продуктами розкладання,

охолодженням зони горіння частинками порошку й вогнеперепиненням при проходженні полум'я між частинками порошку.

Спосіб ліквідації активних центрів горіння є найефективнішим. Застосувавши його, можна згасити будь-яку пожежу. Його основний недолік полягає в тому, що при гасінні пожежі збивається полум'я без зниження температури в осередку пожежі, що нерідко стає причиною теплового самозаймання.

§ 9.5. Класифікація промислових приміщень і будівель за пожежонебезпечністю

Досвід боротьби з пожежами показує, що найбільш ефективним заходом боротьби з ними є їх попередження шляхом усунення причин виникнення горіння. Ними можуть бути джерело займання, горюча речовина, окислювач. Однак повністю виключити можливість виникнення пожеж поки що неможливо.

Ефективність гасіння пожеж значною мірою обумовлена будівельними рішеннями: кількістю поверхів у будівлі, площею приміщень і поверхів, плануванням, підбором матеріалів за горючістю, конструкцією за вогнестійкістю і т. ін. Однак усі ці заходи можуть призвести до подорожчання вартості проектування й будівництва, а також зіпсувати архітектурний вигляд споруд. У зв'язку із цим необхідне чітке обґрунтування об'єму цих заходів.

Недооцінка пожежонебезпеки нерідко призводить не тільки до руйнування будинку, а й до людських жертв. Як приклад можна навести пожежу в торговому павільйоні площею 150 х 256 м для проведення ярмарку в 1986 р. у Німеччині. Захоплення архітектурним оформленням і необґрунтована економія під час його будівництва призвели до грубих порушень норм пожежної безпеки. Павільйон було побудовано з алюмінію і скла, особливістю яких є те, що при незначному підвищенні температури (+150...+200 °С) вони втрачають свої міцнісні характеристики. Усередині павільйону всі конструкції було обшито деревостружковими плитами. Це спричинило велике питоме навантаження спалимих матеріалів на одиницю площі будівлі. Щоб знизити вартість будівництва павільйону, відмовилися від автоматичної сигналізації виявлення пожежі, не було обладнано димо- і тепловідводи в покрівлі й т. ін.

9 січня в павільйоні виникла пожежа. Великий об'єм павільйону утруднив її своєчасне виявлення. Відсутність поділу будівлі на відсіки і велике питоме навантаження спалимих матеріалів на одиницю площі будівлі призвели до швидкого поширення пожежі. Через низькі міцнісні характеристики алюмінієвих конструкцій упала покрівля. Виник гігантський осередок вогню, гасіння водою якого було

малоефективним. Вогонь повністю знищив приміщення павільйону. Подібних прикладів можна навести багато.

Пожежна небезпека промислових підприємств визначається вибухо- й пожежонебезпечними властивостями матеріалів, що зберігаються в будівлі (приміщенні) чи використовуються в технологічних процесах. Залежно від характеристик цих матеріалів приміщення чи будівлі поділяються на п'ять категорій: А, Б, В, Г і Д.

До категорії А належать приміщення, де знаходяться речовини, здатні вибухати або горіти при взаємодії з водою, киснем повітря чи один з одним, рідини з температурою спалаху до +28 °С і горючі гази в такій кількості, що можуть утворювати вибухонебезпечні суміші, при займанні яких виникає надлишковий тиск понад 5 кПа.

До категорії Б належать приміщення, де знаходяться горючий пил, волокно або рідини з температурою спалаху понад +28 °С у такій кількості, що можливе утворення вибухонебезпечних сумішей, при займанні яких може виникнути надлишковий тиск понад 5 кПа.

До категорії В належать приміщення, у яких знаходяться горючі й слабогорючі речовини і матеріали, здатні при взаємодії з водою, киснем повітря чи один з одним лише горіти.

До категорії Г належать приміщення, у яких знаходяться негорючі речовини й матеріали в гарячому, розжареному чи розплавленому стані, процес їх обробки супроводжується виділенням променистої енергії, іскор, полум'я, а також горючі речовини, що спалюються або утилізуються як паливо.

До категорії Д належать приміщення, у яких знаходяться негорючі речовини в холодному стані.

Залежно від площі, яку займають приміщення зазначених вище категорій, будівлі також поділяються на п'ять категорій: А, Б, В, Г і Д.

До категорії А належать будівлі, у яких сумарна площа приміщень категорії А перевищує 5 % їх загальної площі або 200 м^2. При обладнанні приміщень установками автоматичного пожежогасіння сумарна площа приміщень категорії А повинна перевищувати 25 % загальної площі будівлі або 1000 м^2.

До категорії Б належать будівлі, у яких сумарна площа приміщень категорій А і Б перевищує 5 % загальної площі будівлі або 200 м^2. При обладнанні цих приміщень установками автоматичного пожежогасіння сумарна площа приміщень категорії Б повинна перевищувати 25 % загальної площі будівлі або 1000 м^2.

До категорії В належать будівлі, у яких сумарна площа приміщень категорії А, Б і В перевищує 5 % площі будівлі або 1000 м^2. За відсутності в будівлі приміщень категорії А і Б сумарна площа приміщень категорії В не може бути меншою ніж 10 % площі будівлі. Якщо ці приміщення обладнано установками автоматич-

ного пожежогасіння, то сумарна площа приміщень категорії В повинна перевищувати 25 % площі будівлі або 3200 м^2.

До категорії Г належать будівлі, у яких сумарна площа приміщень категорії А, Б, В і Г перевищує 5 % загальної площі будівлі або 1000 м^2. Якщо ці приміщення обладнано установками автоматичного пожежогасіння, то сумарна площа приміщень категорії Г повинна перевищувати 25 % загальної площі будівлі або 5000 м^2.

До категорії Д належать будівлі, що не належать до категорій А, Б, В і Г.

§ 9.6. Класифікація пожеж

Під ***пожежею*** слід розуміти будь-яке неконтрольоване людиною горіння. На будь-якому підприємстві завжди є достатня кількість горючих речовин для виникнення пожежі. Як правило, ці речовини перебувають у твердому і рідкому стані. Щоб почався процес горіння, їх необхідно нагріти до певної температури. Але нерідко у виробничих умовах використовуються речовини, які в нормальних умовах уже перебувають у газоподібному стані: метан, водень тощо. У нормальних умовах виробництва є і достатня кількість окислювача — кисню повітря. У багатьох технологічних процесах використовуються матеріали в гарячому стані — газо- та електрозварювальні роботи, згинання труб, плавка металу і т. ін., тобто можливих джерел займання теж багато. Пожежа може виникнути тільки тоді, коли в якомусь місці можливе стикання газоподібних продуктів горючих речовин, окислювача і джерела займання.

Чинні нормативні документи такі умови виробництва виключають. У результаті низької культури виробництва виконавців, незнання цих норм і т. ін. нормативні приписи систематично порушуються і тому ще й нині пожежі є явищем не поодиноким.

Природно, пожежі можуть виникати і стихійно в результаті грозових розрядів, землетрусів і т. ін. Тому актуальність проблеми боротьби з пожежами не тільки не знижується, а навпаки, з часом зростає.

З викладеного вище зрозуміло, що вибір методів і засобів для гасіння пожеж залежить від матеріалів, що горять, стану устаткування, місця горіння й т. ін. Часу на обмірковування цих питань під час пожежі немає.

У закритому приміщенні вже через 5 хв після загоряння температура підвищується до +550 °С. При цій температурі відбувається самозаймання всіх горючих матеріалів. Отже, найефективніший період гасіння — перші 1–3 хв після виникнення пожежі. Щоб правильно обрати метод гасіння, усі пожежі поділяють на класи і підкласи.

Клас А — це пожежі, під час яких горять тверді речовини. Клас має два підкласи: А1 і А2. До підкласу А1 належить горіння твердих речовин, що супроводжується тлінням (деревина, папір, вугілля тощо). До підкласу А2 належать пожежі, під час яких горять тверді речовини, не здатні жевріти (пластмаси тощо).

Клас В — це пожежі, під час яких горять рідкі горючі речовини. Він також поділяється на два підкласи: В1 і В2. До підкласу В1 відносять пожежі, під час яких горять речовини, що не розчиняються у воді. Наприклад, бензин та інші нафтопродукти, а також окремі тверді речовини, зокрема парафін. До класу В2 відносять пожежі, під час яких горять розчинні у воді рідкі речовини (спирт, гліцерин тощо).

Клас С — це пожежі, під час яких горять гази (метан, пропан тощо).

Клас Д — це пожежі, під час яких горять метали. Він поділяється на три підкласи: Д1, Д2, Д3. Підклас Д1 — це пожежі, під час яких горять легкі метали (за винятком алюмінію, магнію і їхніх сплавів). Підклас Д2 — пожежі, коли горять алюміній, магній і їхні сплави. До класу Д3 відносять пожежі, під час яких горять гідриди металів.

§ 9.7. Класифікація будматеріалів за горючістю

Пожежну безпеку будівель можна забезпечити при усуненні хоча б однієї з умов горіння: спалимих матеріалів, окислювача або джерела запалення. Проектування будівель з урахуванням дотримання цієї вимоги в даний час практично неможливе. Імовірність виникнення пожежі існує для будь-якої споруди. Звести цю ймовірність до мінімуму — першочергове завдання проектувальника.

Одним з основних показників пожежної безпеки є горючість матеріалів. Цей показник використовується у всіх нормативних документах. Відповідно до ДСТУ Б В 2.7-19-95 (ГОСТ 30244-94) усі матеріали поділяються на горючі (Г) і негорючі (НГ).

Випробування на визначення негорючості будівельних матеріалів проводяться на спеціальній установці (рис. 9.5, а), що являє собою піч *1*, вміщену в тепло-ізоляційний кожух *2*, електричну спіраль *3* для створення в камері необхідного теплового режиму, пристрою *4* для підведення повітря в камеру, корпусу *5* для печі і камеру *6* для встановлення вимірювальних датчиків.

Щоб провести випробування, виготовляють п’ять зразків циліндричної форми діаметром 45±2 мм і висотою 50±3 мм, які кладуть у піч і витримують протягом 30 хв при температурі 800...850 °С. Матеріал вважається негорючим, якщо:

- температура в печі зросла не більше ніж на 50 °С;
- маса зразка зменшилася не більше ніж на 50 %;
- тривалість полуменевого горіння не перевищувала 10 с.

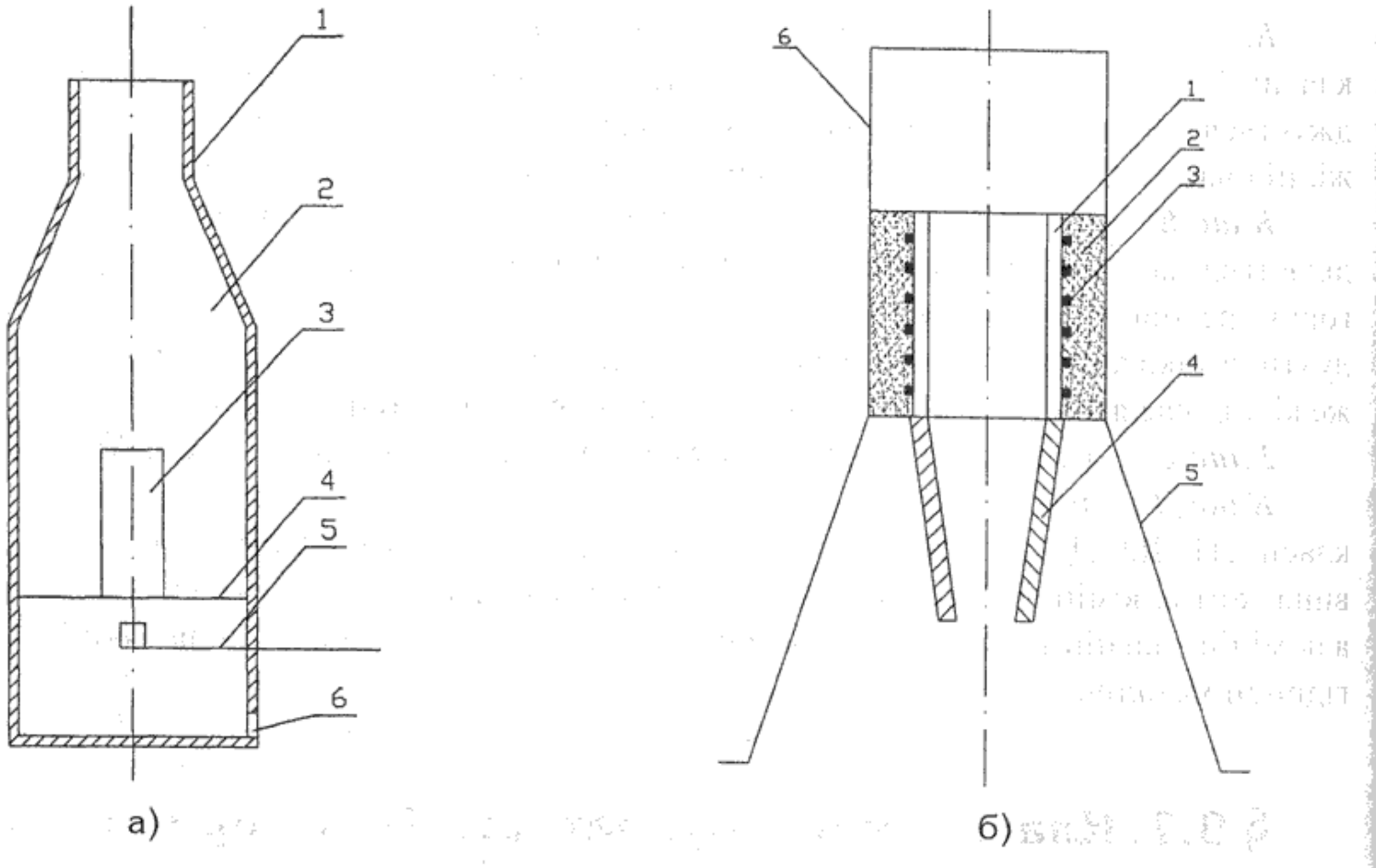


Рисунок 9.5

Установка для дослідження матеріалів на негорючість: а – будова: 1 – піч; 2 – теплоізоляційний кожух; 3 – електрична спіраль; 4 – пристрій для підведення повітря; 5 – корпус; 6 – камера для встановлення вимірювальних датчиків; б – загальний вигляд: 1 – камера згоряння; 2 – зразок; 3 – кріплення зразка; 4 – газовий пальник; 5 – проріз для подачі в камеру повітря

Установка для випробування будівельних матеріалів на горючість являє собою спеціальну камеру згоряння *1*, (рис. 9.5, б), у яку вміщують зразок *2*; відповідні пристосування для кріплення зразка *3* і газовий пальник *4*, проріз для подачі в камеру повітря *5*. Під час випробування визначають:

- температуру димових газів;
- час горіння і тління;
- довжину ушкодженого зразка;
- масу зразка до і після випробування.

Для випробування виготовляють 12 зразків, довжиною 1000 мм і шириною 190 мм. Товщина зразка повинна бути такою, як і в будівельних конструкціях.

Залежно від результатів випробування матеріали поділяють на 4 групи Г1, Г2, Г3, Г4 (табл. 9.7).

Таблиця 9.7
Групи спалимості

Групи горючості матеріалів	Параметри горючості			
	температура димових газів t, °С	міра пошкодження по довжині S_L, %	міра пошкодження по масі S_M, %	тривалість самостійного горіння $T_г$, с
Г1	≤ 135	≤ 65	≤ 20	0
Г2	≤ 235	≤ 85	≤ 50	≤ 30
Г3	≤ 450	> 85	≤ 50	≤ 300
Г4	> 450	> 85	> 50	> 300

§ 9.8. Класифікація приміщень за вибухо- і пожежонебезпечністю

Застосування і збереження в приміщеннях вибухонебезпечних речовин за певних умов можуть призвести до потрапляння їх у повітря й утворення вибухонебезпечних сумішей. У таких умовах велику небезпеку становлять можливі несправності в електромережах: короткі замикання, перевантаження окремих ділянок мереж, великі перехідні опори тощо.

У цих приміщеннях попередити вибухи можна шляхом проведення спеціальних заходів, що, однак, приводить до подорожчання експлуатації електричних мереж та устаткування. Тому об'єм таких заходів вимагає строгого обґрунтування.

Правилами облаштування електроустаткування встановлено спеціальні вибухонебезпечні зони, тобто ті частини приміщення, де можуть утворюватися вибухонебезпечні суміші. Якщо при займанні цих сумішей у приміщенні виникає розрахунковий надлишковий тиск понад 5 кПа, то вибухонебезпечним вважається все приміщення. Якщо в приміщенні надлишковий тиск не перевищує 5 кПа, то вибухонебезпечною зоною вважається частина приміщення, обмежена 5 м по горизонталі і вертикалі відносно технологічного устаткування, з якого горючі гази, пари, рідини і пил можуть потрапляти в приміщення.

Відповідно до умов утворення вибухонебезпечного повітряного середовища приміщення поділяються на зони: В-I, В-Ia, В-Iб, В-Iг, В-II, В-IIa.

До зони В-I належать приміщення, у яких при нормальних нетривалих режимах роботи виділяються горючі пари або гази в такій кількості і з такими властивостями, що разом з повітрям чи іншим окислювачем вони можуть утворювати

вибухові суміші. Наприклад, приміщення для виготовлення лакофарбових матеріалів, приміщення під час фарбувальних робіт і т. ін.

До зони В-Іа належать приміщення, у яких вибухонебезпечні суміші горючих газів і парів з повітрям або іншим окислювачем можуть утворюватися тільки під час аварій або внаслідок несправностей, наприклад, приміщення, у яких зберігаються горючі речовини (гази) в балонах, і т. ін.

До зони В-Іб відносять ті ж приміщення, що і до зони В-Іа, однак вони мають одну з таких особливостей: горючі гази в цих приміщеннях характеризуються високою нижньою межею вибуховості і різким запахом при гранично допустимій концентрації згідно із санітарними нормами (наприклад, машинні зали аміачних компресорних і холодильних абсорбційних установок); у випадку аварії не утвориться загальна вибухонебезпечна концентрація газо-повітряної суміші, а можлива лише місцева (наприклад, приміщення для електролізу води і кухонної солі); горючі гази, легкозаймисті й горючі рідини зберігаються в невеликих кількостях, що не створює загальної вибухонебезпечної концентрації, і робота з ними проводиться без застосування відкритого вогню (наприклад, приміщення для збереження проб легкозаймистих і горючих рідин, лабораторії тощо).

До зони В- Іг належать території із зовнішніми установками, що містять вибухонебезпечні гази, пари, горючі і легкозаймисті рідини (газгольдери, зливноналивні естакади для легкозаймистих рідин і т. ін.).

До зони В-ІІ належать приміщення, у яких виділяються горючі пил і волокна, здатні переходити у зважений стан й утворювати з повітрям або іншим окислювачем вибухові суміші.

До зони В-ІІа належать приміщення, у яких вибухонебезпечні суміші горючого пилу або волокон з повітрям можуть утворюватися в результаті аварії або несправності (приміщення для виготовлення й упакування подрібненого сушеного вугілля, торфу, розмелювальні відділення млинів, склади борошна й т. ін.).

Згідно з ПУЕ-85 залежно від здатності матеріалів до загоряння всередині й поза приміщеннями розрізняють пожежонебезпечні зони П-І, П-ІІ, П-ІІа, П-ІІІ. Пожежонебезпечною зоною називається простір усередині й поза приміщенням, у межах якого постійно або періодично циркулюють спалимі речовини.

До зони П-І належать приміщення, де зберігають або застосовують рідини з температурою спалаху понад +61 °С. До зони П-ІІ слід віднести приміщення, у яких у результаті технологічних процесів виділяються горючі пил і волокна з нижньою концентраційною межею займання понад 65 г/м^3 щодо об'єму повітря. До зони П-ІІа належать приміщення, у яких зберігаються тверді горючі матеріали. До зони П-ІІІ належать зони поза приміщеннями, де використовуються горючі рідини і тверді горючі речовини.

Межі пожежонебезпечних зон встановлює технолог разом з інженером з електроустаткування тієї організації, що проектує або експлуатує приміщення. Межі цих зон не повинні проходити ближче ніж за 5 м до місця розташування горючих матеріалів.

§ 9.9. Класифікація будівель і споруд за вогнестійкістю

Успішна боротьба з пожежами значною мірою залежить від швидкості їх поширення. Практика боротьби з пожежами свідчить, що протягом перших 3–5 хв після виникнення пожежі температура в приміщенні зростає до +550 °С. При цій температурі більшість горючих матеріалів самозаймається, що й утруднює їх гасіння. З моменту надходження сигналу про пожежу, розпорядження на виїзд пожежної техніки, проїзд, підготовку техніки до гасіння пожежі проходить менш, як 5–10 хв. За цей час пожежа настільки посилюється, що боротьба з нею затягується на кілька годин. От чому ще на стадії будівництва споруди важливо передбачити технічні заходи, які б обмежили до початку гасіння її поширення. Одним з таких заходів є вогнестійкість конструкції, під якою розуміють її здатність чинити опір дії вогню і високої температури, зберігаючи при цьому свою несучу й огороджувальну здатність. Вогнестійкість оцінюють часовою межею, тобто часом у годинах від початку дії вогню до втрати:

- несучої здатності конструкції;
- цілісності;
- ізоляційної здатності.

Втрата несучої здатності — це руйнування конструкції або повна її деформація, при якій вона нездатна витримувати навантаження інших конструкцій будівлі.

Втрата цілісності — це утворення тріщин й отворів, через які проникають вогонь і продукти горіння.

Втрата теплоізолювальної здатності — це підвищення температури з протилежного боку конструкції в якійсь точці на +180 °С або в середньому на +140 °С.

Ступінь вогнестійкості визначають експериментальним шляхом. Для цього конструкцію натуральної величини поміщають у вогневу камеру, надавши їй такого положення, у якому вона виконує свої функції в будівлі, і піддають нормативному навантаженню. Потім, спалюючи рідке паливо, створюють у камері тепловий режим, що відповідає зміні температури в закритому приміщенні при пожежі, і визначають час до появи однієї з раніше зазначених ознак.

Розрахунковим шляхом визначають межу вогнестійкості за методиками, розробленими ВНДІПО.

Абсолютно негорючим будівельним матеріалом, що дає змогу одержати конструкції з максимальною межею вогнестійкості, є червона цегла з глини. Вона зберігає свої міцнісні характеристики навіть при температурі +900...+1100 °С. Вогнестійкість конструкцій із силікатних матеріалів трохи нижча, ніж вогнестійкість червоної цегли. Так, при температурі +600 °С у силікатній цеглі відбувається дисоціація гашеного вапна і збільшення об'єму кремнезему, а при температурі 700 °С у ньому з'являються тріщини. Вогнестійкість бетону залежить від виду застосовуваного заповнювача й марки цементу. Так, при гранітному наповнювачі і температурі +600 °С міцність бетону зменшується приблизно в 2 рази, а при температурі +800 °С він руйнується. Бетон з вапняними наповнювачами руйнується при температурі +700 °С. Металеві конструкції при високій температурі (+500...+600 °С) також втрачають свою міцність, тому вогнестійкість у них невисока. Межі вогнестійкості деяких будівельних конструкцій такі: для суцільних стін і перегородок зі звичайної і силікатної цегли, бетону, бутобетону й залізобетону товщиною 12,5; 25 і 38 см відповідно дорівнюють 2,5; 5,5 і 11 год; для стійок, колон і стовпів цегляних, бетонних і залізобетонних з перерізом 20×20 см і 30×30 см межа вогнестійкості відповідно дорівнює 2 і 3 год; для сталевих колон незахищених — 0,25 год; для сталевих колон, захищених штукатуркою шаром 2,5 см, чи бетонними плитками товщиною 5 см, чи цеглою товщиною 125 см, — відповідно 0,75; 2 і 5,25 год; для залізобетонних плит, балок, прогонів, перемичок із захисним шаром не менш як 2 см — 1,5 год.

Щоб збільшити межі вогнестійкості, застосовують різні методи. Так, вогнестійкість конструкцій із цегли, бетону, залізобетону, каменю й інших матеріалів, що мають низький коефіцієнт теплопровідності, підвищується при збільшенні площі їхнього поперечного перерізу. Наприклад, стіни із цегли товщиною 65 мм мають межу вогнестійкості 0,75 год, а товщиною 380 мм — 11 год. Вогнестійкість металевих конструкцій практично не залежить від їхньої товщини. Це пояснюється великою теплопровідністю металу і їх деформацією в результаті втрати несучої здатності. Щоб підвищити вогнестійкість таких конструкцій, застосовують штукатурку й облицювання матеріалами неспалимими або з низьким коефіцієнтом теплопровідності (цегла, бетон, гіпс тощо). Вогнестійкість дерев'яних конструкцій підвищується завдяки просочуванню антипіренами, оштукатурюванню, облицюванню цеглою та ін. неспалимими й вогнезахисними покриттями.

Однією з характеристик пожежної небезпечності конструкції є межа поширення вогню, тобто відстань у см від границі зони нагрівання до найбільш віддаленої точки ушкодження. Її визначають експериментальним шляхом. Для цього

виготовляють зразок розмірами не менше 2×2 м, який поміщають у спеціальну вогневу піч на 15±0,5 хв. По закінченні цього часу полум'я в печі частково гаситься, зразок не пізніше ніж через 2 хв знімається і визначається зона ушкодження.

Будівлі і споруди, а також їх частини залежно від мінімальних меж вогнестійкості будівельних конструкцій і максимальних меж поширення вогню по цих конструкціях поділяються на 8 ступенів вогнестійкості (табл. 9.8).

У випадках, коли мінімальна межа вогнестійкості конструкції дорівнює 0,25 год, допускається застосування незахищених сталевих конструкцій.

Пожежна безпека будівель при проектуванні забезпечується його об'ємно-планувальними рішеннями, підбором і компонуванням будівельних конструкцій, вибором і розміщенням протипожежних перешкод, плануванням шляхів евакуації, підбором систем пожежогасіння. Об'ємно-планувальні рішення виконуються з урахуванням протипожежних відстаней між будівлями, їх поверховості, площі поверхів і т. ін.

Таблиця 9.8

Мінімальні ступені вогнестійкості будівельних конструкцій, год і максимальні межі поширення по них вогню, см

Ступінь вогнестійкості будівель	Стіни				Колони	Сходові площадки, косоури, сходи, балки і марші сходових кліток	Плити, настили (у т.ч. з утеплювачем), прогони	Елементи покриттів	
	несучих і сходових кліток	самонесучі	зовнішні несучі (у тому числі з навісних панелей)	внутрішні несучі (перегородки)				плити, настили (у т. ч. з утеплювачем), прогони	балки, ферми, арки, рами
I	2,5/0	1,25/0	0,5/0	0,5/0	2,5/0	1/0	1/0	0,5	0,5/0
II	2/0	1/0	0,25/0	025/0	2/0	1/0	0,75/0	0,25/0	0,25/0
III	2/0	1/0	0,25/0	0,25/40	2/0	1/0	0,75/25	нн/нн	нн/нн
IIIа	1/0	0,5/0	0,25/40	0,25/40	0,25/0	1/0	0,25/0	0,25/25	0,25/0
IIIб	1/40	0,5/40	0,25/0	0,25/40	1/40	0,75/0	0,75/25	0,25/0	0,75/25
IV	0,5/40	0,25/40	0,25/40	0,25/40	0,5/40	0,25/25	0,25/25	нн/нн	нн/нн
IVа	0,5/40	0,25/40	0,25/нн	0,25/40	0,25/0	0,25/0	0,25/0	0,25/нн	0,25/0

Примітка: у числівнику наведено межі вогнестійкості, у знаменнику – межі поширення вогню. Скорочення «нн» означає, що показник не нормується.

Контрольні запитання

1. *Чому боротьба з пожежами є актуальною і в наш час?*
2. *Чим відрізняються спалах від займання?*
3. *Чим відрізняються розгалужувані ланцюгові реакції від нерозгалужуваних?*
4. *Чому вода є основним засобом гасіння пожеж?*
5. *Чому коефіцієнт використання води при гасінні пожеж дуже низький?*
6. *Чому високоефективні системи гасіння пожеж — порошкові і хладонові — не можуть бути основними?*
7. *Чим визначається вибір конструкції при спорудженні будівель?*

Розділ 10
ТЕХНІЧНІ ЗАСОБИ ТА ОРГАНІЗАЦІЯ БОРОТЬБИ З ПОЖЕЖАМИ

§ 10.1. Протипожежне водопостачання

Протипожежне водопостачання — це комплекс інженерно-технічних споруд, призначених для забору, транспортування, збереження та використання води для гасіння пожеж.

Вода для гасіння пожеж подається по водопроводах. Розрізняють господарсько-питні водопроводи, водопроводи технічної води, протипожежні й об'єднані водопроводи. Протипожежні водопроводи, як правило, поєднують з водопроводами господарсько-питної чи технічної води.

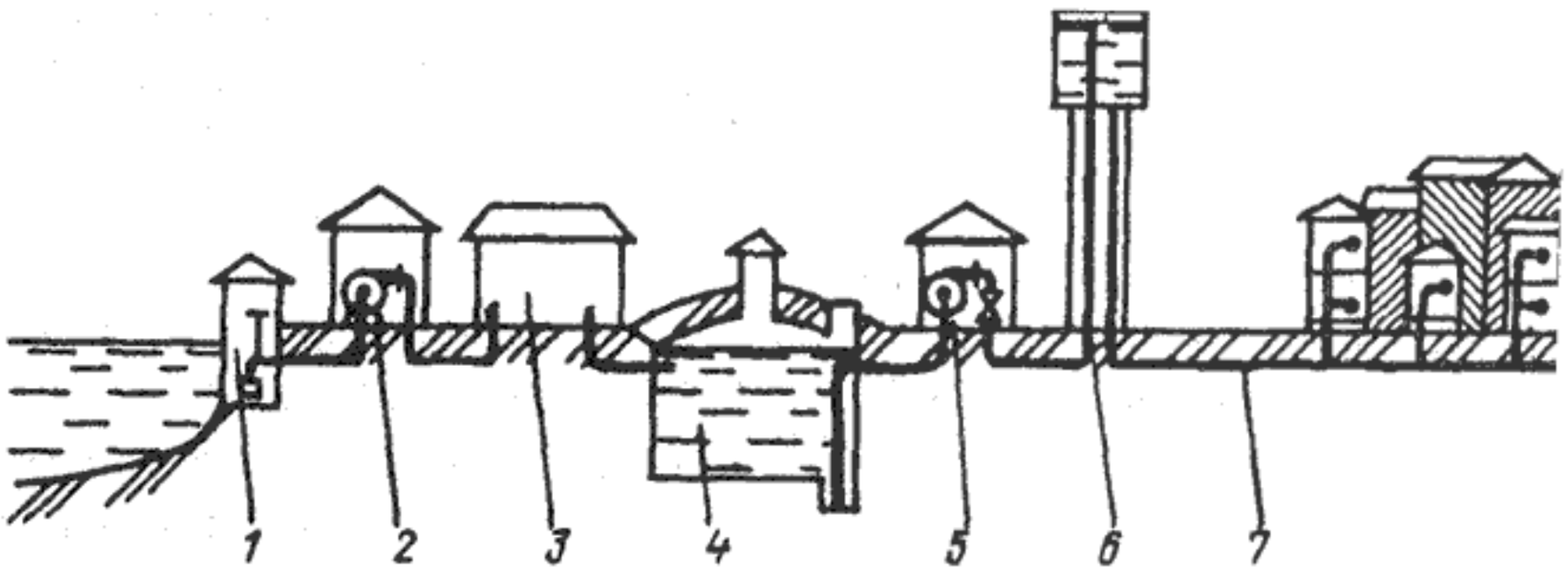


Рисунок 10.1
Принципова схема господарсько-протипожежного водопостачання підприємства: 1 – водозабірний пристрій; 2 – насосна станція першого підйому; 3 – водоочисний комплекс; 4 – резервуар; 5 – насосна станція другого підйому; 6 – водонапірна вежа; 7 – водопровід

Найбільш розповсюдженою є схема господарсько-протипожежного постачання підприємства, наведена на рис. 10.1. За цією схемою з відкритої водойми (ріки, водоймища) вода забирається через водозабірний пристрій насосної станції першого підйому і подається у водоочисний комплекс, де вона очищається від твердих домішок, мікроорганізмів і т. ін. Потім вода надходить у резервуар для збереження чистої води, звідки її забирає насосна станція другого підйому і подає у водонапірну вежу, а з неї по водопроводах — до місця використання.

Для всіх будинків передбачається нутрішнє протипожежне водопостачання. Винятком є будівлі, у яких застосування води може викликати вибух, пожежу, поширення вогню; будівлі I і II ступенів вогнестійкості виробництв категорій Г, Д і Е; будівлі III, IV і V ступенів вогнестійкості виробництв категорій Г, Д, Е, якщо об'єм будівель не перевищує 5000 м^3.

Для гасіння пожеж усередині будинків передбачаються внутрішні водопроводи. Як правило, їх улаштовують за кільцевою схемою з не менш як двома підключеннями до зовнішнього водопроводу. Забір води із цих водопроводів відбувається через пожежні крани. Вони знаходяться на висоті 1,35 м від підлоги й обладнуються пожежними рукавами довжиною 10, 15 чи 20 м. Кількість пожежних кранів визначають з розрахунку подачі не менше двох струменів до будь-якої точки пожежі. Витрата води з одного крана не повинна бути меншою, ніж 1,5 л/с.

У господарсько-протипожежних комплексах подача води повинна задовольняти вимогам господарсько-питних водопроводів і протипожежного водопостачання. Протипожежне водопостачання повинно забезпечувати подачу води на зовнішнє гасіння пожеж через гідранти і на внутрішнє — з пожежних кранів та інших пристроїв згідно із СНіП 2.04-01-85.

Вода для гасіння пожеж на території підприємства розподіляється за допомогою мережі водопроводів. Як правило, мережа повинна бути кільцевою і допускати відключення її окремих ділянок без порушення подачі води для гасіння будівель.

Довжина тупикових ліній не повинна перевищувати 200 м. Баки водонапірних башт повинні вміщувати кількість води, необхідну для гасіння пожеж усередині будівель протягом 10 хв. Забір води з водопроводів для зовнішнього пожежогасіння здійснюється через гідранти. Їх розташовують на відстані 2,5 м від краю проїзної частини дороги, але не ближче 5 м від будівель. В окремих випадках допускається розташування гідрантів безпосередньо на проїзній частині дороги. Відстань між гідрантами не повинна перевищувати 150 м.

Кількість води для гасіння пожеж визначають, виходячи з можливої кількості одночасних пожеж на території підприємства. Вважається, що на території підприємства площею 150 га можлива одна пожежа, на території площею понад 150 га — 2 пожежі. Витрата води для гасіння однієї пожежі залежить від ступеня вогнестійкості будівель і категорії виробництва (табл. 10.1).

Таблиця 10.1

Витрати води для зовнішнього пожежогасіння промислових будівель на одну пожежу, л/с

Ступінь вогнестійкості будівлі	Категорія виробництва	Об'єм будівлі, тис. м^2						
		< 3	3–5	5–20	20–50	50–200	200–400	>400
I, II	Г, Д	10	10	10	10	15	20	25
I, II	А, Б, В	10	10	15	20	30	35	40
III	Г, Д	10	10	15	25	–	–	–
III	А, Б, В	10	15	20	30	–	–	–
IV, V	Г, Д	10	15	20	30	–	–	–
IV, V	А, Б, В	10	20	25	–	–	–	–

Тиск води у водопроводах низького тиску повинен забезпечувати створення компактного струменя висотою 10 м над поверхнею землі. При цьому довжина рукавів для подачі води не повинна перевищувати 150 м. У водопроводах високого тиску тиск води повинен забезпечувати утворення компактного струменя висотою 10 м над найвищою точкою будівель.

§ 10.2. Автоматичні установки пожежогасіння

Для гасіння пожеж усередині будинків широко застосовуються спринклерні і дренчерні установки. Практика показала, що надійність їх захисту висока — 96 % пожеж у приміщеннях, обладнаних цими установками, було погашено до прибуття пожежних команд.

Відповідно до «Переліку будівель і приміщень, які будуються і реконструюються, об'єктів народного господарства, що підлягають облаштуванню автоматичними системами пожежогасіння», цими системами обладнуються:

- приміщення плазорозмічувальні, деревообробні, деревовстановлювальні (комплектувальні) площею 1500 м^2 і більше;
- приміщення виготовлення шаблонів, виготовлення суден зі склопластику площею 1000 м^2 і більше;
- приміщення очищення і ґрунтування, ізоляційні, малярські, фарбувальні, термостатування, просочувальні, знежирення, розконсервування, лакування, спеціальних покриттів, різання і механічної обробки пластмас, випробування

турбін і двигунів, масляні господарства компресорних, виготовлення і збереження макетів, сумішеприготувальні із застосуванням легкозаймистих (ЛЗР) і горючих (ГР) рідин, підготовки модельного складу, виготовлення моделей, вуглеприготувальні, шліфувально-полірувальні, механічної обробки магнієвих і титанових сплавів, електроерозійної обробки в органічних середовищах, ультразвукової обробки в органічних розчинниках площею 500 м^2 і більше;

- центральні заводські лабораторії, лабораторії метрологічних служб, приміщення дослідних, експериментальних випробувальних робіт із застосуванням ЛЗР і ГР площею 500 м^2 і більше;
- фарбувальні і сушильні камери незалежно від площі;
- приміщення для виготовлення фарби й клею незалежно від площі;
- склади шаблонів, ЛЗР, ГР і мастильних матеріалів, горючих і синтетичних смол, хімікатів і пластмас, склади матеріалів у трубозаготівельних цехах площею 500 м^2 і більше;
- приміщення гумотехнічних виробів, збереження гуми і виробів з неї площею 750 м^2 і більше;
- кінозали, зали для перегляду фільмів і фільмотеки незалежно від площі;
- приміщення офсетного і сіткографічного методів відділення друкованих плат, нанесення гравірувальної емалі на скло, виготовлення сітчастих трафаретів, маркування і лакування мікросхем, очищення підковпакових пристроїв, просочувально-заливальні площею 500 м^2 і більше;
- приміщення складання, регулювання, прогону і термотренування виробів площею 750 м^2 і більше;
- приміщення (кабіни, бокси) для випробувань із застосуванням ЛЗР і ГР, насосні ЛЗР і ГР незалежно від площі;
- склади напівпровідникових приладів та інтегральних схем, радіодеталей і радіокомпонентів площею 500 м^2 і більше.

Слід зазначити, що вибір засобів пожежогасіння (вода, піна, газ, порошок) визначається технологічними вимогами і техніко-економічними обґрунтуваннями.

Перелік поширюється на проектовані будівлі й приміщення, а також на ті, що реконструюються.

Спринклерна установка водяного пожежогасіння (рис. 10.2) складається з водойми *1*, насоса *2*, водонапірного бака *3*, магістрального водопроводу *4*, пристрою оповіщення про виникнення пожежі і включення системи *5*, внутрішніх водопроводів *6* і спринклерів *7*.

Водонапірний бак призначений для збереження запасу води, необхідної для гасіння пожежі до включення насоса. Він також створює постійний напір води у водопроводах, що необхідно для автоматичного спрацьовування спринклера.

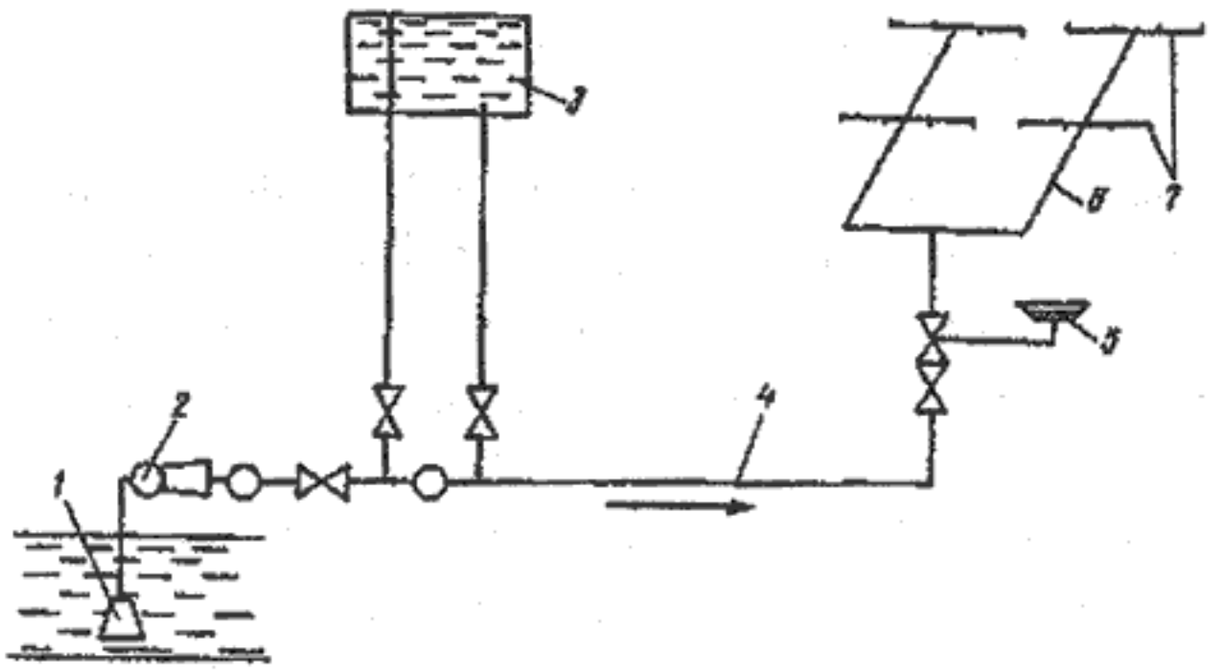


Рисунок 10.2
Принципова схема спринклерної установки гасіння пожеж: 1 – водойма; 2 – насос; 3 – водонапірний бак; 4 – магістральний водопровід; 5 – пристрій оповіщення; 6 – внутрішні водопроводи; 7 – спринклери

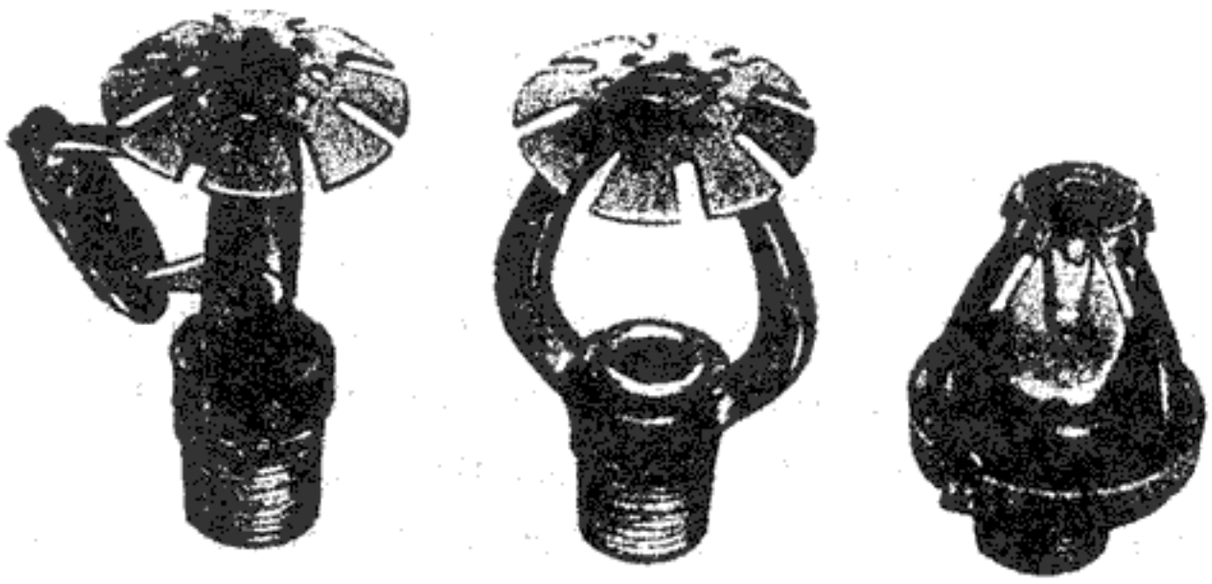


Рисунок 10.3
Спринклери

Подача води до місця пожежі в спринклерній системі відбувається через спринклери.

Спринклер (рис. 10.3) являє собою розпилювач води, отвір якого закрито спеціальною пробкою. Пробка утримується в робочому стані замком, що являє собою 2–3 пластинки, спаяні між собою спеціальним легкоплавким припоєм з температурою плавлення +53…+183 °С. Температура розкриття спринклерів повинна бути на 20…40 °С більшою від нормальної температури в приміщенні.

Коли виникає пожежа, розкриваються тільки спринклери, розташовані в зоні пожежі. Їх застосовують у приміщеннях, де швидке поширення пожежі неможливе.

Дренчерні установки відрізняються від спринклерних тільки будовою пристрою подачі води до місця пожежі. Як такі пристрої в цих системах використовуються дренчерні зрошувачі, що являють собою розпилювачі, отвори яких не закриваються. Вода перекривається клапаном групового розподілу.

Запуск дренчерної установки в дію може здійснюватися вручну або за допомогою спринклерних голівок, або електричних датчиків, що реагують на тепло, дим, світло. У таких установках вода подається в приміщення одночасно з усіх дренчерів. Дренчерні установки застосовують у приміщеннях, де пожежа може швидко поширюватися.

На базі розглянутих установок ВНДІПО розроблено спринклерні і дренчерні установки гасіння пожеж повітряно-механічною піною. Ці установки додатково обладнуються дозувальним пристроєм для подачі піноутворювача.

§ 10.3. Установки пожежогасіння

На підприємствах для гасіння пожеж як основна застосовується система водяного пожежогасіння. Однак вода не є універсальним засобом гасіння пожеж, тому що ефективність її застосування невелика. Система водяного пожежогасіння потребує безупинної подачі води в осередок пожежі, що при загорянні в закритих приміщеннях не завжди можливо.

Більш ефективними є засоби хімічного гасіння пожеж. Використовуючи такі засоби, навіть розвинуті пожежі в закритих приміщеннях можна ліквідувати протягом 2–3 хв. Доставляють засоби до місця пожежі за допомогою спеціальних установок пожежогасіння.

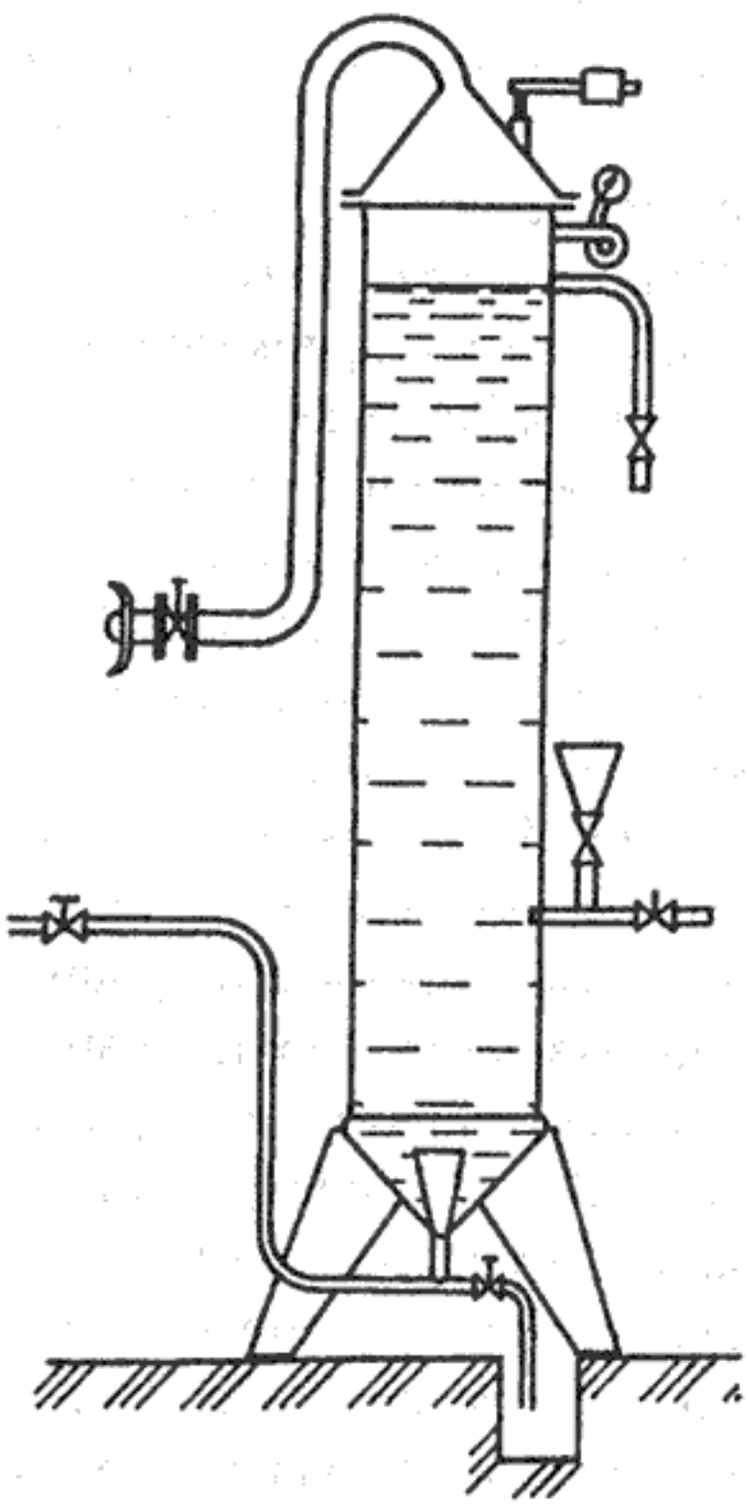


Рисунок 10.4
Стаціонарна повітряно-пінна установка ОВПУ-250

Залежно від конструкції спеціальні установки пожежогасіння поділяються на *стаціонарні і пересувні.* Стаціонарні знаходяться безпосередньо в об'єкті, що охороняється, пересувні доставляються до об'єкта під час пожежі.

Одним з найпоширеніших засобів гасіння пожеж у закритих приміщеннях є *вуглекислий газ.* Він не проводить електричний струм, не утворює хімічні сполуки з іншими речовинами, не псує устаткування. Зберігається вуглекислота в балонах у рідкому стані під тиском близько 60 кг/см^2. В одному 40-літровому балоні зберігається 29 кг вуглекислоти. Концентрація вуглекислоти для гасіння вогню становить 0,594 кг на 1 м^3 об'єкта;отже, одного балона достатньо для гасіння пожежі в приміщенні об'ємом 40 м^3.

Стаціонарні вуглекислотні системи пожежогасіння складаються з великої кількості балонів (10–15), що встановлюються в спеціальному приміщенні. Від балонів газ надходить по трубопроводах в охоронні приміщення. Балони включаються автоматично або вручну. До місця пожежі балони можуть доставлятися також машинами.

Значного поширення набули вогнегасні сполуки «3,5» і «3,5В». Сполука «3,5» складається із 70 % бромистого етилу і 30 % вуглекислого газу (за масою). До складу «3,5В» додається 2,5–3 час-

тини стисненого повітря, що поліпшує його транспортувальні властивості. Обидві сполуки більш ефективні порівняно з вуглекислотою. Їх вогнегасна концентрація становить 7,6 %. Вони також зберігаються в балонах у рідкому стані під тиском до 40 кг/см^2. В одному балоні зберігається 45 кг сполуки «3,5» і 42 кг сполуки «3,5В». Із цієї кількості при нормальному тиску утворюється 297 л парів. За умови, що вогнегасна концентрація сполуки становить 0,215–0,258 кг на 1 м^3 приміщення одного 40-літрового балона досить для гасіння пожежі в приміщенні об'ємом 160 м^3.

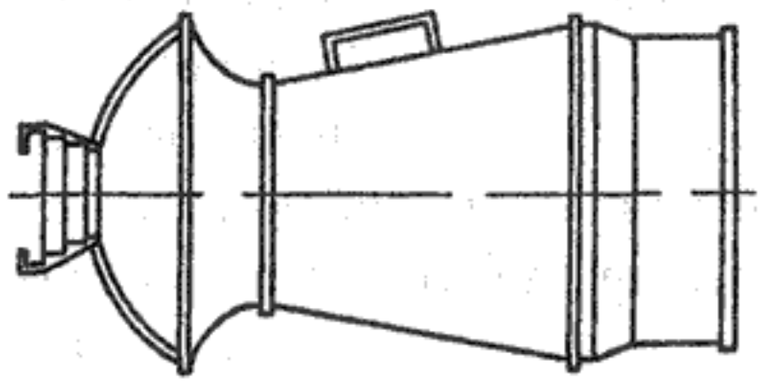


Рисунок 10.5
Піногенератор

Для гасіння пожеж успішно використовується піна. Її одержують як у стаціонарних установках (рис. 10.4), так і за допомогою спеціальних піногенераторів (рис. 10.5).

Можна використовувати також пару, що утворюється в спеціальних установках, вогнегасні сполуки СЖБ і СЖБ-50, а також інші речовини, які одержують у спеціальних установках або доставляють до місця пожежі в балонах.

§ 10.4. Системи піногасіння пожеж у резервуарах нафтопродуктів

У другій половині XX сторіччя бурхливо розвивалися нові технології на основі використання нафтопродуктів. Кількість останніх щорічно збільшується. Це вимагає не тільки збільшення видобутку нафти, а і її нагромадження й збереження.

Природно, це призводить до істотного підвищення рівня пожежної небезпеки. За даними Національної асоціації NFPA (США), в Америці в резервуарних парках нафтопродуктів протягом 1990–1998 рр. щорічно реєструвалося до 20 пожеж. Середньостатистичні збитки внаслідок лише однієї пожежі становлять 30 млн дол. США. Так, у листопаді 1997 р. на нафтопереробному заводі м. Ашдад (Ізраїль) у резервуарі ємністю 15 тис. м^3 сталася пожежа. Стаціонарну систему пожежогасіння в результаті вибуху і високої температури було ушкоджено. Пожежу вдалося ліквідувати протягом 3 год. При цьому було використано 22 тис. м^3 води, 22 т піноутворювача типу «легка вода». Загальні збитки внаслідок пожежі сягнули 10 млн дол. США.

Особливістю гасіння пожеж нафтопродуктів є те, що традиційні системи пожежогасіння водою є неприйнятними — нафтопродукти легші за воду, тому спливають, і пожежа збільшується. У цих випадках неприйнятними є і системи гасіння пожеж інертними газами, що подаються традиційними засобами. Подача піни на

поверхню нафтопродуктів, охоплених полум'ям, також не дає потрібного результату. Очевидно, цим пояснюється той факт, що кількість погашених пожеж у резервуарах нафтопродуктів дуже незначна.

Ситуація щодо забезпечення пожежної безпеки резервуарів, що нині склалася, обумовлює нагальну потребу в розробці нових методів і систем, здатних забезпечити не тільки ліквідацію пожежі в найкоротший термін, а й ефективне її попередження.

Незважаючи на те, що багато великих нафтосховищ обладнано стаціонарними системами пожежогасіння, основним засобом подачі піни на поверхню охопленої полум'ям рідини, як і раніше, залишаються пінопідйомники, що використовувалися для проведення пінних атак приблизно в 65 % випадків гасіння пожеж у резервуарах. Однак, як показує практика, при проведенні пінної атаки за допомогою пінопідйомника виникають складності із забезпеченням відповідного рівня безпеки бойового розрахунку, тому що пожежні змушені працювати в безпосередній близькості від охопленого полум'ям резервуара.

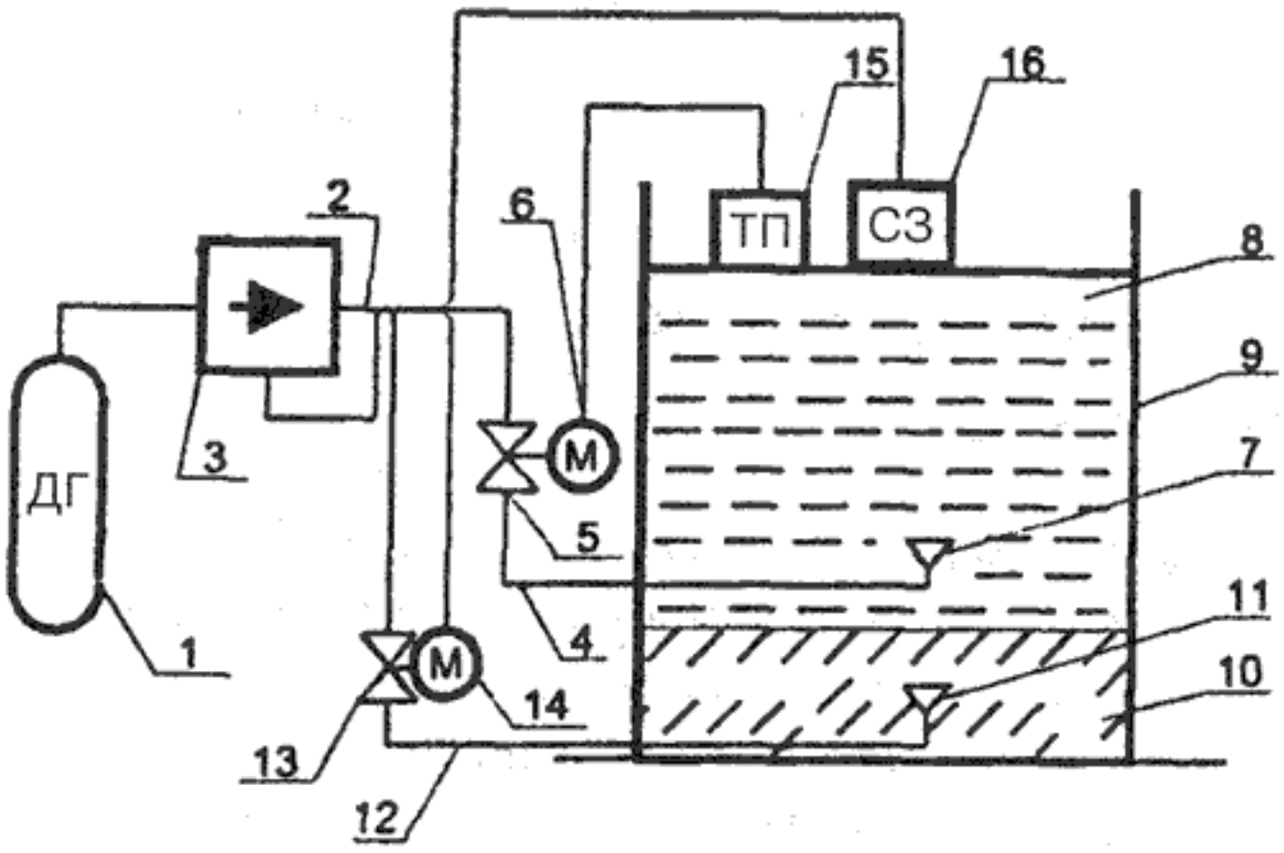


Рисунок 10.6
Структурна схема барботажної системи пожежогасіння резервуара з нафтопродуктами: *1* – джерело газу; *2* – газова магістраль; *3* – редуктор; *4* – трубопровід; *5* – запірний клапан; *6* – привод; *7* – барботер; *8* – горюча рідина; *9* – резервуар; *10* – пінотвірний розчин; *11* – барботер; *12* – трубопровід; *13* – запірний клапан, *14* – привод; *15* – датчик температури поверхні рідини; *16* – сигналізатор займання

Однією з причин низької ефективності гасіння пожеж цим методом є також та обставина, що необхідна для проведення пінної атаки кількість сил і засобів вдається сформувати, як правило, лише через досить тривалий часовий проміжок після виникнення пожежі.

Практично не має зазначених недоліків метод генерування і регенерування піни в шарі пального, розроблений у Дніпропетровському гарнізоні пожежної охорони, на основі якого створено автоматичну систему пожежогасіння резервуарів з нафтою і нафтопродуктами.

Встановлення барботера в пінотвірному розчині (рис. 10.6) забезпечує подачу піни на поверхню горіння рідини

при спрацьовуванні сигналізатора займання через менш тривалий часовий проміжок порівняно з пристроями інших типів, тому що пінотвірний розчин знаходиться безпосередньо в резервуарі під шаром самої горючої рідини. Барботер має профілактичне призначення і включається для перемішування поверхневого шару нафтопродуктів за умови досягнення критичної температури.

Отже, відповідно до принципів автономності структуру пропонованої системи пожежогасіння утворюють дві функціонально і конструктивно органічно поєднані підсистеми, здатні функціонувати роздільно або разом. При цьому одна з підсистем призначається для гасіння пожежі, а друга — для запобігання можливому займанню.

Запропонована система забезпечує зменшення втрат нафтопродукту й запобігає забрудненню навколишнього середовища, дає змогу знизити швидкість нагромадження донних відкладень. Одночасне використання обох підсистем забезпечує ефективне й швидке гасіння пожежі, що виникла, при мінімальній витраті матеріальних ресурсів і мінімальній імовірності пошкодження резервуара внаслідок впливу його факторів.

§ 10.5. Первинні засоби гасіння пожеж

Розвиток пожежі в приміщенні відбувається надзвичайно швидко. Експериментальні дані свідчать, що вже на п'ятій хвилині після початку пожежі температура в приміщенні зростає до +550 °С. Це зумовлює велику інтенсивність горіння, швидкий розвиток і поширення пожежі. Тому найбільш ефективне гасіння пожежі припадає на її початкову стадію.

Щоб ліквідувати пожежу в початковій стадії, використовують первинні засоби гасіння пожеж. До них належать ручні вогнегасники, відра і діжки з водою, лопати, ящики з піском, азбестові полотна, повстяні мати й інші підручні засоби. Залежно від вогнегасної речовини вогнегасники поділяються на такі типи:

1) повітряно-пінні: ВПП (рос. — ОВП);
2) порошкові: ВП-2 (рос. — ОП-2), ВП-10 (рос. — ОП-10), ВП-100 (рос. — ОП-100);
3) вуглекислотні: ВВ-2 (рос. — ОУ-2), ВВ-5 (рос. — ОУ-5), ВВ-40 (рос. — ОУ-40), ВВ-80 (рос. — ОУ-80);
4) хладонові: ВХ-3 (рос. — ОХ-3).

Викид речовин з вогнегасника відбувається:

1) під тиском інертного газу, що міститься в окремому балоні;
2) під тиском газу, що міститься в корпусі вогнегасника.

Таблиця 10.2

Характеристики вогнегасників

Типи вогнегасників	Об'єм балона, А	Заряд	Час роботи, с	Довжина струменя, м	Межі температур роботи, °С	Вогнегасна здатність	
						Клас пожежі	
						А	В
а) ручних							
ОВП-10	10	8 % р-н піноутворювача	45	4,5	+5...+45	4,78	1,76
ОП-2	2	Порошок: піраїт, ПСВ-3, П-2 АП	10	2,7	–40...+50	4,78	0,7
ОП-5	5		15	5,0	±50	12,95	2,81
ОП-10	10		20	5,0	±50	25,0	5,75
ОХ-3	3	Хладон 114 В 2	20	3,0	–60...+50	–	–
ОУ-2	2	CO_2	15	1,5	–40...+50	–	0,41
ОУ-5	5	CO_2	15	1,5	–40...+50	–	0,7
б) пересувних							
ОВП-100	100	6 % р-н піноутворювача	90	5	+5...50	40,29	6,5
ОП-50(а)	50	Порошок піраїт, ПСВ-3	25	8	–20...+50	51,5	8,0
ОП-100	100		60	11	–35...+50	80,27	7,10
ОК-100	250	р-н піноутворювача	40	–	+5...50	–	–
ОУ-25	25	CO_2	20	–	–40...+50	4,78	2,27
ОУ-40	40		15	–	–40...+50	–	2,6
ОУ-80	80		50	–	–40...+50	12,26	4,52

Шифр вогнегасника складається з букв, що позначають тип вогнегасника і цифр, які позначають об'єм балона. Основні технічні дані наведено в табл. 10.2.

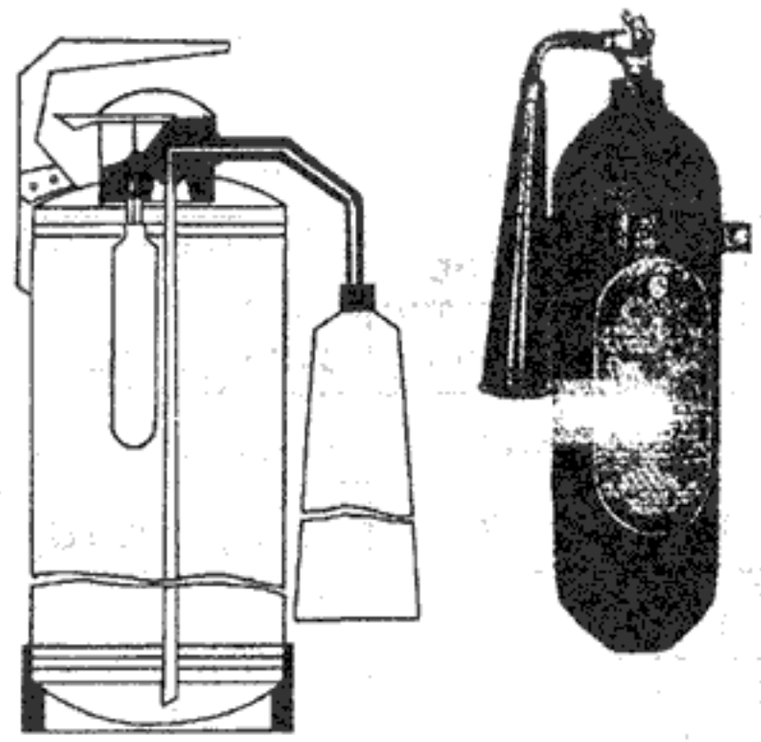


Рисунок 10.7
Вогнегасники: а – ОВП; б – ОУ-5

Оскільки піна проводить електричний струм, то гасити пожежі електроустаткування під напругою за допомогою пінних вогнегасників не можна.

Повітряно-пінні вогнегасники (рис. 10.7, а) ОВП-5, ОВП-10, ОВП-100 відрізняються від ОХП-10 тим, що вони заповнюються 4–6 %-ним водяним розчином піноутворювача ПО-1. Вогнегасник укомплектовується балоном з рідкою вуглекислотою. Щоб привести його в дію, досить натиснути на пусковий важіль, шток опуститься і відкриє балон, з якого почне видавлюватися рідка вуглекислота. При проходженні цієї рідини через спеціальну насадку утвориться повітряно-механічна піна кратністю не менш, як 60.

Вуглекислотні вогнегасники ОУ-2, ОУ-5 (рис. 10.7, б), ОУ-8, ОУ-25, ОУ-80 також являють собою механічні балони, у яких знаходиться зріджений вуглекислий газ під тиском 60 кг/см^2. Щоб привести в дію такі вогнегасники, досить відкрити вентиль. Гасити лужні метали вуглекислотними вогнегасниками не можна.

Таблиця 10.3
Забезпечення будівель вогнегасниками

Категорія приміщення	Клас пожежі	Площа під захистом, м^2	Тип вогнегасників				
			повітряно-пінні	комбіновані	порошкові	вуглекислотні	
			100	100	50 (100)	25 (40)	80
А, Б, В (горючі гази і рідини)	А	500	1+	1+	1+	–	3х
	В		2х	1+	1+	–	3х
	С		–	–	1+	–	3х
	D		–	–	1+	–	–
	(Е)		–	–	1х	2х	1+
В (крім горючих газів і рідин)	А	800	1+	1+	1+	4х	2х
	В		2х	1+	1+	–	3х
	С		–	1х	1+	–	3х
	D		–	–	1+	–	–
	(Е)		–	–	1х	1х	1х

Таблиця 10.4

Забезпечення будівель вогнегасниками

Категорія приміщення	Клас пожежі	Площа під захистом, м²	Тип вогнегасників						
			пінні	порошкові		хладонові	вуглекислотні		
			місткість балона, л						
			10	2	5	10	2 (3)	2 (3)	5 (8)
А, Б, В (горючі гази і рідини)	А	200	2+	–	2х	1+	–	–	–
	В		4+	–	2х	1+	4х	–	–
	С		–	–	2х	1+	4х	–	–
	D		–	–	2х	1+	–	–	–
	(Е)		–	–	2х	1+	–	–	2+
В	А	400	2+	4х	2+	1х	–	–	2х
	D		–	–	2х	1+	–	–	–
	(Е)		–	–	2+	1х	2х	4х	2+
Г	В	800	2х	2+		1х	–	–	–
	С		–	4х	2+	1х	–	–	–
Г, Д	А	1800	2+	4х	2+	1х	–	–	–
	D		–	–	2+	1х	–	–	–
	(Е)		–	2х	2+	1х	2х	4х	2+

Примітка: 1) у таблицях 10.3 і 10.4 прийнято такі позначення: «+» рекомендовані, «х» дозволені у випадку відсутності рекомендованих і «–» неприпустима установка; 2) клас пожеж «Е» це горіння електроустаткування.

Кількість вогнегасників для окремих будівель і їх тип визначають за табл. 10.3 і 10.4.

Обрана кількість вогнегасників уточнюється за їх розташуванням у будівлі. Вогнегасники слід розташовувати так, щоб відстань між місцем можливої пожежі і місцем розташування вогнегасників не перевищувала:

- 20 м — для цивільних будівель;
- 30 м — для приміщень категорій А, Б і В (горючі гази і рідини);
- 40 м — для приміщень категорій В і Г;
- 70 м — для приміщень категорії Д.

У виробничих приміщеннях категорії Д, а також у приміщеннях, де знаходяться негорючі речовини і матеріали, за умови, що їхня площа не перевищує 100 м^2, вогнегасники можуть не встановлюватися. У приміщеннях, де встановлено коштовну апаратуру, кількість вогнегасників можна збільшити.

У цивільних та адміністративно-побутових приміщеннях на кожному поверсі повинно бути не менш, як два вогнегасники. Крім цього, необхідно передбачити по одному вогнегаснику із зарядом не менш, як 3 кг:

- на 20 м^2 площі приміщення;
- на 50 м^2 площі архівів, бібліотек, машинних залів;
- для офісних приміщень із ПК, електрощитових, вентиляційних та інших технічних приміщень.

Приклад. Визначити, скільки вогнегасників необхідно встановити в деревообробному цеху загальною площею 20×38 = 760 м^2.

Категорія приміщення — В, клас пожежі — А, площа цеху — 20×38 = 760 м^2.

З таблиці 9 видно, що для площі цеху необхідно 4 пінних вогнегасники ємністю 10 л або 4 порошкових ємністю 5 л. Зупиняємося на варіанті — 4 порошкових вогнегасники ємністю по 5 л. Уточнюємо кількість вогнегасників з урахуванням розмірів цеху, щоб відстань від будь-якої точки можливої пожежі була не більшою, ніж 40 м. Залишаємо 4 вогнегасники і встановлюємо їх на протилежних стінах у двох місцях.

§ 10.6. Пожежний зв'язок і сигналізація

Пожежний зв'язок і сигналізація призначені для своєчасного виявлення пожеж та оповіщення про це, а також для керування підрозділами і групами гасіння пожеж.

Розрізняють загальний, зовнішній і внутрішній пожежний зв'язок. Загальний зв'язок передбачає оповіщення про тривогу гудками, дзвоном, сиреною, частими ударами по підвішеній рейці і т. ін. Основний недолік загального зв'язку — неможливість вказати місце пожежі.

Зовнішній зв'язок здійснюється за допомогою міської телефонної станції або радіоустановок і служить для оперативного оповіщення і керування гасінням пожежі.

Внутрішній зв'язок діє в межах даного підприємства. Він призначений для виявлення пожежі й оповіщення про її виникнення в межах підприємства. Для цього використовують телефон, автоматичну й ручну сигналізацію виявлення пожежі.

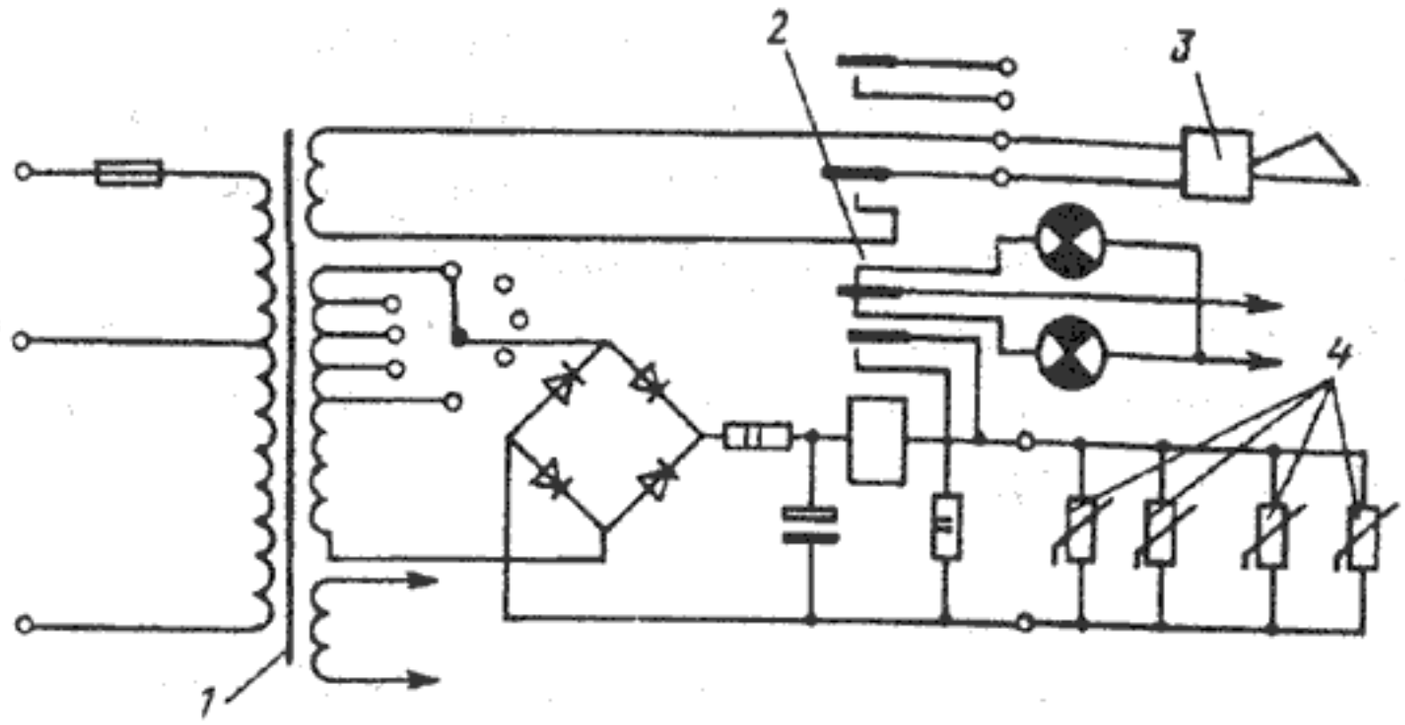


Рисунок 10.8
Блок-схема автоматичної установки пожежної сигналізації СКПУ-1: 1 – блок живлення; 2 – приймальна станція; 3 – блок оповіщення; 4 – система оповіщувачів

Виникнення пожежі в приміщеннях, де постійно перебувають люди, встановлюється візуально, і по телефону або за допомогою ручної сигналізації про це повідомляється в пункт пожежної охорони. У приміщеннях з періодичним перебуванням людей для виявлення пожежі передбачається автоматична пожежна сигналізація.

Основні вимоги до автоматичної пожежної сигналізації — унеможливлення прийому помилкового сигналу, безперебійність у роботі, виявлення пожежі на початку її виникнення.

Блок-схему автоматичної установки пожежної сигналізації СКПУ-1 наведено на рис. 10.8.

Оповіщувачі призначені для перетворення параметрів зовнішнього середовища, що змінюються внаслідок пожежі, в електричні сигнали і передачі їх на приймальну станцію. Такими параметрами є: підвищення температури, поява диму і світла. Основні характеристики оповіщувачів — чутливість, інерційність і зона дії.

Залежно від зміни величин параметрів повітряного середовища, що спричинюють спрацьовування оповіщувача, останні поділяють на чотири групи: теплові, димові, світлові і комбіновані.

У теплових оповіщувачах сигнал виникає в результаті підвищення температури навколишнього середовища при пожежі. Вони поділяються на біметалічні, термопари і напівпровідникові. У біметалічних оповіщувачах при нагріванні біметалічної пластини в результаті деформації відбувається розмикання (наприклад, в оповіщувачі АТИМ-1) чи замикання (АМИМ-3) електричних контактів. Оповіщувачі можуть встановлюватися за допомогою спеціальної стрілки і шкали на температуру спрацьовування 40, 50, 60, 70, 80 і 100 °С.

Для формування сигналу в димових оповіщувачах використовується різна провідність електричного струму повітряним проміжком унаслідок появи диму, у світлових — появи світла. У комбінованих оповіщувачах використовують одночасно кілька принципів формування сигналу.

Сигнал від оповіщувачів надходить на приймальну станцію. Однак у більшості випадків потужність цього сигналу недостатня для впливу на релейний орган. Тому на приймальній станції його підсилюють, потім аналізують і передають на релейний орган.

Станція працює таким чином. При включенні станції і використанні оповіщувачів з нормально закритими контактами через оповіщувачі проходить електричний струм силою $I_р$ і надходить на приймальну станцію. Після посилення й аналізу струму приймальна станція включає сигнал, при якому загоряється лампочка зеленого кольору, яка сигналізує, що станція працює. Світловий сигнал дублюється звуковим сигналом певної тональності. При використанні оповіщувачів з нормально відкритими контактами останній шунтується опором, через який і проходить той же струм $I_р$.

У випадку відключення від електричної мережі відключається і зелена лампочка, тоді напруга, що надходить від акумулятора, включає звуковий сигнал — станція відключається. Така ж ситуація виникає й у випадку обриву проводів денебудь в установці. У випадку короткого замикання в мережі сила струму збільшиться до $I_к$. Після надходження цього струму на приймальну станцію та його аналізу станція спочатку відключить зелену лампочку, а потім продублює це звуковим сигналом, обов'язково іншої тональності.

У випадку виникнення пожежі опір оповіщувачів змінюється і на станцію надходить струм, після обробки якого включається звуковий сигнал «Виникла пожежа» і загоряється лампочка червоного кольору.

§ 10.7. Організація пожежної охорони

Правовою основою діяльності в галузі пожежної безпеки є Конституція України, Закон України «Про пожежну безпеку» та інші закони України, постанови Верховної Ради України, укази і розпорядження Президента України та інші нормативні акти.

Згідно із законом, пожежною безпекою опікуються центральні органи виконавчої влади, працівники підприємств, установ та організацій, підприємці, служби пожежної охорони і державного пожежного нагляду.

А. Функції центральних органів виконавчої влади

До компетенції центральних органів виконавчої влади належить проведення єдиної політики в галузі пожежної безпеки, організація науково-дослідної роботи та керування нею, розробка нормативних актів, координація всієї роботи з пожежної безпеки, забезпечення пожежної охорони та об'єктів народного господарства

протипожежною технікою, устаткуванням і т. ін. Органи державної виконавчої влади, органи місцевого і регіонального самоврядування в межах своєї компетенції організують розробку й впровадження у відповідних галузях і регіонах організаційних і науково-технічних заходів з метою попередження пожеж і їх гасіння, забезпечення пожежної безпеки населених пунктів та об'єктів.

Б. Обов'язки підприємств, установ та організацій по забезпеченню пожежної безпеки

За пожежну безпеку підприємств, установ та організацій відповідають їх власники й уповноважені ними органи (далі — власники), а також орендарі. Вони зобов'язані:

- розробляти комплексні заходи по забезпеченню пожежної безпеки, впроваджувати досягнення науки й техніки, позитивний досвід;
- відповідно до нормативних актів з пожежної безпеки розробляти й затверджувати положення, інструкції, інші нормативні акти, що діють у межах підприємства, установи та організації, здійснювати постійний контроль за їх дотриманням;
- забезпечити дотримання протипожежних вимог стандартів, норм, правил, а також виконання вимог, розпоряджень і постанов органів державного пожежного нагляду; організовувати навчання працівників правил пожежної безпеки і пропаганду заходів для їхнього забезпечення;
- за відсутності в нормативних актах вимог, необхідних для забезпечення пожежної безпеки, вживати відповідних заходів, погоджуючи їх з органами державного пожежного нагляду;
- тримати в справному стані засоби протипожежного захисту і зв'язку, пожежну техніку, устаткування та інвентар, не допускати їх використання не за призначенням;
- створювати в разі потреби відповідно до встановленого порядку підрозділи пожежної охорони і необхідну для їх функціонування матеріально-технічну базу;
- надавати на вимогу державної пожежної охорони відомості і документи про стан пожежної безпеки об'єктів і виробленої ними продукції;
- здійснювати заходи по впровадженню автоматичних засобів виявлення й гасіння пожеж і використанню з цією метою виробничої автоматики;
- вчасно інформувати пожежну охорону про несправність пожежної техніки, систем протипожежного захисту, водопостачання, а також про закриття доріг і проїздів на своїй території;
- проводити службове розслідування випадків пожеж.

Обов'язки сторін по забезпеченню пожежної безпеки орендованого майна повинні бути визначені в договорі оренди.

Підприємства, установи й організації, що виготовляють продукцію протипожежного призначення і надають послуги, пов'язані з попередженням або ліквідацією пожеж, незалежно від форм власності звільняються від сплати податків на прибуток у межах обсягу виконаних робіт.

Підприємства, установи та організації, які мають або утримують пожежні команди з виїзною пожежною технікою, частково звільняються від сплати податків на прибуток (50 % коштів, що витрачаються на утримання цих команд).

Повноваження в галузі пожежної безпеки асоціацій, корпорацій, концернів, інших виробничих об'єднань визначаються в їхніх статутах або договорах між підприємствами, що утворили об'єднання. З метою виконання делегованих об'єднанню функцій у його апараті створюється служба пожежної безпеки.

В. Організація пожежно-технічних комісій (ПТК)

На підприємстві, в установі й організації, де кількість працівників становить 50 осіб і більше, згідно з рішенням трудового колективу може створюватися пожежно-технічна комісія. У виняткових випадках її функції може виконувати комісія з охорони праці.

Особовий склад комісії затверджує власник підприємства. До складу комісії рекомендується залучати головних фахівців підприємства: енергетика, механіка, технолога і т. ін. На великих підприємствах, крім ПТК підприємства, створюють і цехові ПТК, передбачаючи при цьому чіткий розподіл обов'язків.

ПТК підтримують зв'язок з пожежною охороною, пропагує знання з питань пожежної безпеки, здійснює громадський контроль за утриманням території, справністю протипожежного устаткування і т. ін.

Г. Обов'язки громадян по забезпеченню пожежної безпеки

Громадяни України, іноземні громадяни та особи без громадянства, які перебувають на території України, зобов'язані:

- виконувати правила пожежної безпеки;
- дбати про забезпечення пожежної безпеки будівель, що належать їм на правах особистої власності, первинними засобами гасіння пожеж і протипожежним інвентарем;
- навчати дітей обережного поводження з вогнем;
- повідомляти пожежній охороні про виникнення пожежі і вживати заходів щодо її ліквідації, рятування людей і майна.

Д. Види пожежної охорони

З метою захисту здоров'я і життя громадян, приватної, колективної і державної власності від пожеж, підтримання належного рівня пожежної безпеки на

об'єктах і в населених пунктах створюється пожежна охорона. За призначенням вона поділяється на державну, відомчу, сільську і добровільну.

Державна пожежна охорона.

Державна пожежна охорона України є складовою системи Міністерства України з питань надзвичайних ситуацій і в справах захисту населення від наслідків Чорнобильської катастрофи (МНС). Її діяльність визначається Указом Президента України «Про Державну програму реорганізації військ Цивільної оборони України, органів і підрозділів державної пожежної охорони в оперативно-рятувальну Службу цивільного захисту…» (від 19.12.2003 р. № 1467) і Наказом Міністерства України з питань надзвичайних ситуацій «Про затвердження Тимчасового положення про професійну пожежну охорону МНС України» (від 13.10.2004 р. № 115).

Метою цієї Програми є підвищення рівня забезпечення захисту населення і територій від надзвичайних ситуацій техногенного і природного характеру, створення єдиної системи запобігання і реагування на такі ситуації в мирний час і в особливий період, адаптація її до європейських стандартів, більш ефективне використання бюджетних засобів на зазначені цілі, демілітаризація МНС України.

З метою проведення аварійно-рятувальних робіт у системі МНС України на базі органів управління, сил оперативного реагування, сил забезпечення військ Цивільної оборони України, а також органів і підрозділів державної пожежної охорони утворюється Оперативно-рятувальна служба цивільного захисту.

Служба є спеціальним невоєнізованим органом, що діє на принципах єдиноначальності, централізації керування, статутної дисципліни, особистої відповідальності. Її особовий склад і працівники виконують обов'язки на професійній основі.

На період реорганізації військ Цивільної оборони України, органів і підрозділів державної пожежної охорони на оперативно-рятувальну Службу цивільного захисту в містах, інших населених пунктах, на підприємствах, в установах та організаціях незалежно від форм власності, де відсутні підрозділи державної пожежної охорони, протипожежний захист забезпечує пожежна охорона Міністерства України з питань надзвичайних ситуацій.

Фінансове і матеріально-технічне забезпечення підрозділів Державної пожежної охорони здійснюється за рахунок коштів державного бюджету, асигнувань, що надходять згідно з договорами від промислових та інших об'єктів, відрахувань від платежів з майнових видів страхування на фінансування запобіжних заходів, благодійних внесків від юридичних осіб і громадян, а також інших грошових надходжень, визначених чинним законодавством.

Основними завданнями пожежної охорони є:

- здійснення контролю за дотриманням протипожежних норм;
- попередження пожеж і нещасних випадків;

- гасіння пожеж, порятунок людей і надання допомоги в ліквідації наслідків аварій, катастроф і стихійних лих.

Державна пожежна охорона здійснює державний пожежний нагляд. Вона створюється в містах, інших населених пунктах, на промислових та інших об'єктах незалежно від форм власності в порядку, визначеному Кабінетом Міністрів України.

Державна пожежна охорона складається з підрозділів, апарату управління і допоміжних служб, а також пожежно-технічних навчальних закладів і науково-дослідних установ.

Особовий склад Державної пожежної охорони поділяється на рядовий і керівний. Працівникам видається формений одяг відповідно до зразків, затверджених Кабінетом Міністрів України для особового складу підрозділів внутрішньої служби. На них поширюються і відповідні відмінності. Особовий склад чергових підрозділів для роботи на пожежах забезпечується спеціальним одягом, спорядженням і засобами індивідуального захисту. Особам рядового і керівного складу державної пожежної охорони присвоюються відповідно до чинного законодавства спеціальні звання.

Ніхто не має права покладати на працівника Державної пожежної охорони виконання обов'язків, не передбачених чинним законодавством.

Посадові особи Державної пожежної охорони зобов'язані:

- використовувати в межах своєї компетенції надані їм повноваження щодо попередження і припинення правопорушень в галузі пожежної безпеки, а також сили і засоби при гасінні пожеж і рятуванні людей;
- брати участь у реалізуванні технічної політики по удосконалюванню і впровадженню техніки, систем і засобів протипожежного захисту, форм і методів профілактики пожеж;
- сприяти розвитку самосвідомості й ініціативи громадян у питаннях боротьби з пожежами, виконання законодавства в галузі пожежної безпеки;
- зберігати в таємниці державну і комерційну інформацію, що стає доступною їм у зв'язку з виконанням службових обов'язків.

Контроль за діяльністю державної пожежної охорони здійснюють Кабінет Міністрів України, Міністерство України з питань надзвичайних ситуацій і в межах своєї компетенції Рада Міністрів Республіки Крим, місцеві органи державної виконавчої влади, органи місцевого і регіонального самоврядування, а на підприємствах, що перебувають під охороною Державної пожежної охорони, крім цього, — керівники підприємств.

Відомча пожежна охорона.

На об'єктах міністерств, інших центральних органів державної виконавчої влади, перелік яких визначається Кабінетом Міністрів України, створюються підрозділи відомчої пожежної (пожежно-сторожової) охорони, що здійснюють свою діяльність відповідно до положень, узгоджених з Міністерством внутрішніх справ України.

Підрозділи відомчої пожежної охорони, що мають виїзну пожежну техніку, залучаються до гасіння пожеж у порядку, встановленому Державною пожежною охороною.

Ці підрозділи в питаннях підготовки особового складу й організації гасіння пожеж керуються нормативними актами, що є чинними в Державній пожежній охороні.

Місцева пожежна охорона.

У сільських населених пунктах, де немає підрозділів пожежної охорони, органами місцевої державної адміністрації, відповідно до Положення, затвердженого Кабінетом Міністрів України, створюються місцеві пожежні команди.

Фінансування і матеріально-технічне забезпечення місцевих пожежних команд здійснюється за рахунок коштів місцевого бюджету, коштів, що відраховуються підприємствами, установами й організаціями, розташованими на території району, у розмірі 0,1 % від основних та оборотних коштів і 3 % від коштів, що виділяються на нове будівництво, відрахувань від платежів по майнових видах страхування на фінансування запобіжних заходів, а також за рахунок пожертвувань юридичних та фізичних осіб.

Добровільна пожежна охорона.

На підприємствах, в установах та організаціях з метою проведення заходів щодо попередження пожеж й організації їх гасіння можуть створюватися з числа робітників, службовців, інженерно-технічних працівників та інших громадян добровільні пожежні дружини (команди), Положення про які затверджується Кабінетом Міністрів України.

У школах, дитячих таборах створюються дружини юних пожежних, що діють на основі Положення, затвердженого Міністерством освіти України за узгодженістю з Міністерством внутрішніх справ України.

Членам добровільних пожежних дружин (команд) можуть надаватися додаткова відпустка зі збереженням заробітної плати до 10 робочих днів на рік, а також грошові премії і цінні подарунки.

Е. Державний пожежний нагляд

Державний пожежний нагляд за станом пожежної безпеки в населених пунктах і на об'єктах незалежно від форм власності здійснюється відповідно до чинного законодавства Державною пожежною охороною в порядку, встановленому Кабінетом Міністрів України.

Органи Державного пожежного нагляду не залежать ні від яких господарських органів, об'єднань громадян, політичних формувань, органів державної виконавчої влади, органів місцевого і регіонального самоврядування.

Контроль за виконанням правил пожежної безпеки при проектуванні, технічному переоснащенні, будівництві, реконструкції та експлуатації об'єктів іноземних фірм і спільних підприємств регулюється чинним законодавством та умовами, передбаченими договорами сторін, якщо вони не суперечать чинному законодавству.

На об'єктах приватної власності органи Державного пожежного нагляду контролюють лише умови безпеки людей на випадок пожежі, а також вирішення питань пожежної безпеки, що стосуються прав та інтересів інших юридичних осіб і громадян.

Органи Державного пожежного нагляду відповідно до покладених на них завдань:

- розробляють за участю зацікавлених міністерств та інших центральних органів державної виконавчої влади і затверджують загальнодержавні правила пожежної безпеки, обов'язкові для всіх підприємств, установ, організацій і громадян;
- погоджують проекти державних і галузевих стандартів, норм, правил, технічних умов та інших нормативно-технічних документів, що стосуються забезпечення пожежної безпеки, а також проектні рішення, на які не встановлено норми і правила;
- встановлюють порядок розробки й затвердження положень, інструкцій та інших нормативних актів з питань пожежної безпеки, що діють на підприємстві, в установі й організації, розробляють типові документи з цих питань;
- здійснюють контроль за дотриманням вимог актів законодавства з питань пожежної безпеки керівниками центральних органів державної виконавчої влади, структурних підрозділів Ради Міністрів Республіки Крим, місцевих органів державної виконавчої влади, органів місцевого і регіонального самоврядування, керівниками й іншими посадовими особами підприємств, установ та організацій, а також громадянами;
- проводять відповідно до чинного законодавства перевірки і розслідування за повідомленнями і заявами про злочини, пов'язані з пожежами і порушеннями правил пожежної безпеки;
- посадові особи органів Державного пожежного нагляду є державними інспекторами з пожежного нагляду.

Державні інспектори з пожежного нагляду мають право:

1) проводити в будь-який час у присутності власника або його представника пожежно-технічні обстеження і перевірки підприємств, установ, організацій, будівель, споруд, новобудов та інших підконтрольних об'єктів незалежно від форм власності, одержувати від власника необхідні пояснення, матеріали й інформацію;
2) давати (направляти) керівникам центральних органів державної виконавчої влади, структурних підрозділів Ради Міністрів Республіки Крим, місцевих органів державної виконавчої влади, органів місцевого і регіонального самоврядування, керівникам й іншим посадовим особам підприємств, установ та організацій, а також громадянам обов'язкові для виконання розпорядження (приписи) про усунення порушень і недоліків у питаннях пожежної безпеки.

У випадку порушення правил пожежної безпеки, що створює загрозу виникнення пожежі або перешкоджає її гасінню й евакуації людей, а також у випадках випуску пожежонебезпечної продукції, систем і засобів протипожежного захисту з

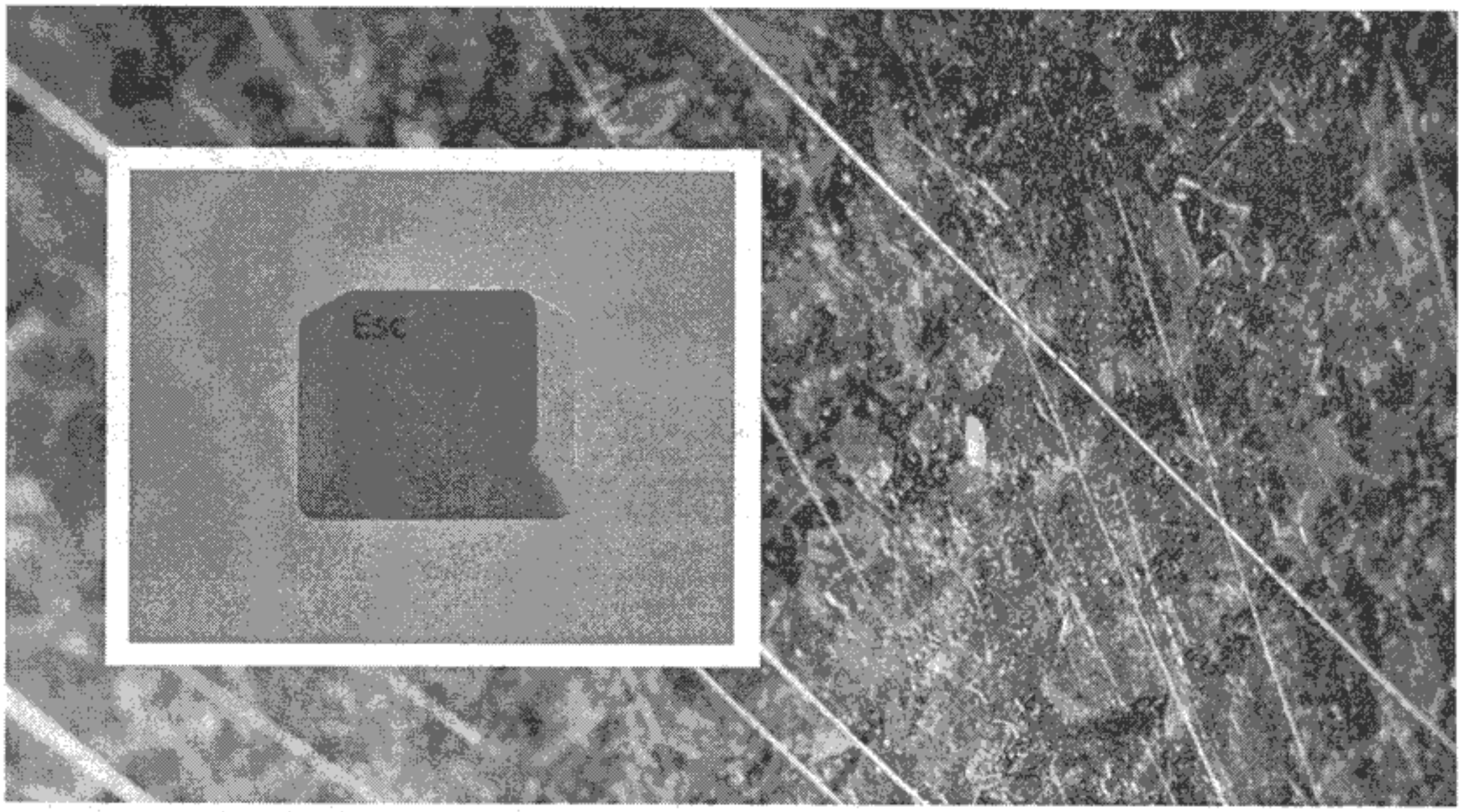
відхиленням від стандартів чи технічних умов або при їх відсутності припиняти або забороняти роботу підприємств, окремих виробництв, виробничих дільниць, агрегатів, експлуатацію будівель, споруд, окремих приміщень, опалювальних приладів, ділянок електричної мережі, проведення пожежонебезпечних робіт, випуск і реалізацію пожежонебезпечної продукції, систем і засобів протипожежного захисту, дію виданих дозволів на право проведення робіт;

3) здійснювати контроль за виконанням протипожежних вимог, передбачених стандартами, нормами і правилами, при проектуванні (вибірково), будівництві, реконструкції, розширенні або технічному переоснащенні, капітальному ремонті підприємств, будівель, споруд й інших об'єктів. При виявленні порушень забороняти до їх усунення випуск і застосування проектів, припиняти проведення будівельно-монтажних робіт і вносити пропозиції про припинення фінансування цих робіт;

4) притягати до адміністративній відповідальності посадових осіб, інших працівників підприємств, установ, організацій і громадян, винних у порушенні встановлених законодавством вимог пожежної безпеки, невиконанні розпоряджень, постанов органів Державного пожежного нагляду, використання пожежної техніки і засобів пожежогасіння не за призначенням. Посадові особи органів Державного пожежного нагляду несуть відповідальність за неналежне виконання покладених на них обов'язків. За збитки, заподіяні юридичним і фізичним особам, громадянам унаслідок застосування санкцій, передбачених пунктами 2 і 3 даної статті, органи і посадові особи Державного пожежного нагляду відповідальності не несуть.

Контрольні запитання

1. *Чим визначається вибір систем пожежогасіння?*
2. *Чим визначається вибір типу вогнегасника для гасіння пожеж?*
3. *Як унеможливити прийняття помилкового сигналу в автоматичній пожежній сигналізації?*
4. *У чому полягає основне завдання державних органів пожежної охорони?*
5. *Які документи з пожежної безпеки повинні бути на підприємстві?*
6. *Як здійснюється державний нагляд за пожежною безпекою?*
7. *Які основні завдання стоять перед професійною пожежною охороною?*
8. *До складу якої структури в даний час входять органи й підрозділи Державної пожежної охорони?*
9. *Яка роль громадськості в організації пожежної безпеки?*



Частина V

СТВОРЕННЯ БЕЗПЕЧНИХ УМОВ РОБОТИ НА ПЕРСОНАЛЬНИХ КОМП'ЮТЕРАХ

ВИДАВНИЧИЙ ДІМ ПРОФЕСІОНАЛ

Розділ 11
ОЦІНКА ВПЛИВУ ЕЛЕКТРОМАГНІТНИХ ПОЛІВ НА КОРИСТУВАЧА ПК

§ 11.1. Умови праці при роботі з комп'ютерами

Одним з напрямків використання електричної енергії є широке застосування у виробничих умовах і побуті обчислювальної техніки (комп'ютерів, роботів, автоматизованих ліній і т. ін.), промислової електротермії, у якій застосовуються струми радіочастот для термічної обробки матеріалів (плавки, загартування, паяння металів, сушіння тощо), побутової техніки (телевізорів, радіотелефонів, холодильників і т. ін.). Безперечно, застосування всього цього електроустаткування дало змогу різко збільшити продуктивність праці, позбутися цілого ряду традиційно шкідливих виробничих факторів (шуму, вібрації, пилу і т. ін.) і поліпшити умови праці робітників. Позитивно відбилося використання цієї техніки й у побуті. Разом з тим, при використанні комп'ютерної техніки з'явилися нетрадиційні шкідливі виробничі фактори — електромагнітне випромінювання, що охоплює широкий діапазон частот (табл. 11.1).

Інтенсивність випромінювання виробничих об'єктів за частотами вивчена недостатньо. Навіть у спеціальній літературі даних про електромагнітне випромінювання для більшості видів електроустаткування не опубліковано. Якщо в побутових умовах електротехніка використовується відносно короткочасно з тривалими перервами, то у виробничих умовах насиченість електроустаткуванням надзвичайно велика. Потужність випромінювання електромагнітних хвиль різко зросла. Час перебування працівників у цих умовах сягає в окремих випадках 7–8 годин. З'явилася небезпека порушення ритмічної роботи окремих органів людини з подальшими залишковими хворобливими явищами. Це підтверджує необхідність вивчення даних змін, розробки заходів захисту і чіткого обґрунтування безпечного трудового режиму працівника.

Таблиця 11.1

Електромагнітне випромінювання (частоти і довжини хвиль)

Частоти, Гц	Довжини хвиль	Назва випромінювання
Радіохвилі		
$3–3 \cdot 10^4$	100 000–10 км	ДНЧ – дуже низькі
$3 \cdot 10^4–3 \cdot 10^5$	10–1 км	НЧ – низькі
$3 \cdot 10^5–3 \cdot 10^6$	1000–100 м	СЧ – средні
$3 \cdot 10^6–3 \cdot 10^7$	100–10 м	ВЧ – високі
$3 \cdot 10^7–3 \cdot 10^8$	10–1 м	ДВЧ – дуже високі
$3 \cdot 10^8–3 \cdot 10^9$	100–10 см	УВЧ – ультрависокі
$3 \cdot 10^9–3 \cdot 10^{10}$	10–1 см	НВЧ – надвисокі
$3 \cdot 10^{10}–3 \cdot 10^{11}$	10–1 мм	КВЧ – крайні високі
$3 \cdot 10^{11}–3 \cdot 10^{12}$	1–0,1 мм	НКВЧ – надкрайні високі
Оптична частина		
$3 \cdot 10^{12}–3{,}94 \cdot 10^{14}$	100–7600 Е	ІЧ – інфрачервоні
$3{,}94 \cdot 10^{14}–7{,}7 \cdot 10^{14}$	7600–3900 Е	Видимі
$7{,}7 \cdot 10^{14}–3 \cdot 10^{17}$	3900–10 Е	УФ – ультрафіолетові
$3 \cdot 10^{17}–3 \cdot 10^{20}$	10–0,01 Е	Рентгенівські
$3 \cdot 10^{20}$ і більше	0,01 и менее	Гамма і космічні

Оскільки обчислювальна техніка, зокрема персональні комп'ютери (ПК), набувають все більшого поширення, постає необхідність вивчення їхнього впливу на людину.

Слід зазначити, що основне випромінювання персонального комп'ютера виходить з монітора: він випромінює електромагнітні хвилі в діапазоні частот 20 Гц–1000 МГц, ультрафіолетові — у діапазоні 200–400 нм, інфрачервоні — у діапазоні 1050 нм–1 мм і рентгенівське випромінювання. Крім того, у процесі роботи на екрані електронно-променевої трубки накопичується електростатичний заряд, що створює електростатичне поле. Дослідження показали, що результуюче значення напруженості електромагнітного поля становить від 8 до 75 кв/м. При цьому користувачі, що працюють з монітором, також набувають певного електростатичного потенціалу. Розкид електростатичних потенціалів коливається в діапазоні від –3 до +5 кВ. Суб'єктивне сприйняття такого потенціалу є вирішальним фактором, що зумовлює виникнення неприємних фізіологічних відчуттів.

Таблиця 11.2

Джерела електромагнітного поля, що входять до складу ПК

Джерело	Діапазон частот
Монітор: мережевий трансформатор блока живлення	50 Гц
Перетворювач напруги в імпульсному блоці живлення	20–100 кГц
Блок кадрової розгортки	48–160 Гц
Блок рядкової розгортки	15–110 кГц
Помножувач напруги для анода монітора з ЕПТ	0 Гц (постійна напруга)
Системний блок (процесор, пам'ять, накопичувачі)	50 Гц–1000 МГц
Пристрої введення/виведення інформації	0 Гц, 50 Гц
Джерела безперебійного живлення	50 Гц, 20–100 кГц

Помітний внесок у загальне електростатичне поле роблять клавіатури, що електризуються внаслідок тертя поверхні, і «миші». Експерименти показують, що в процесі роботи з клавіатурою електростатичне поле швидко зростає від 2 до 12 кВ/м. На окремих робочих місцях — приблизно в області рук — реєструвалися напруженості статичних електричних полів понад 20 кВ/м.

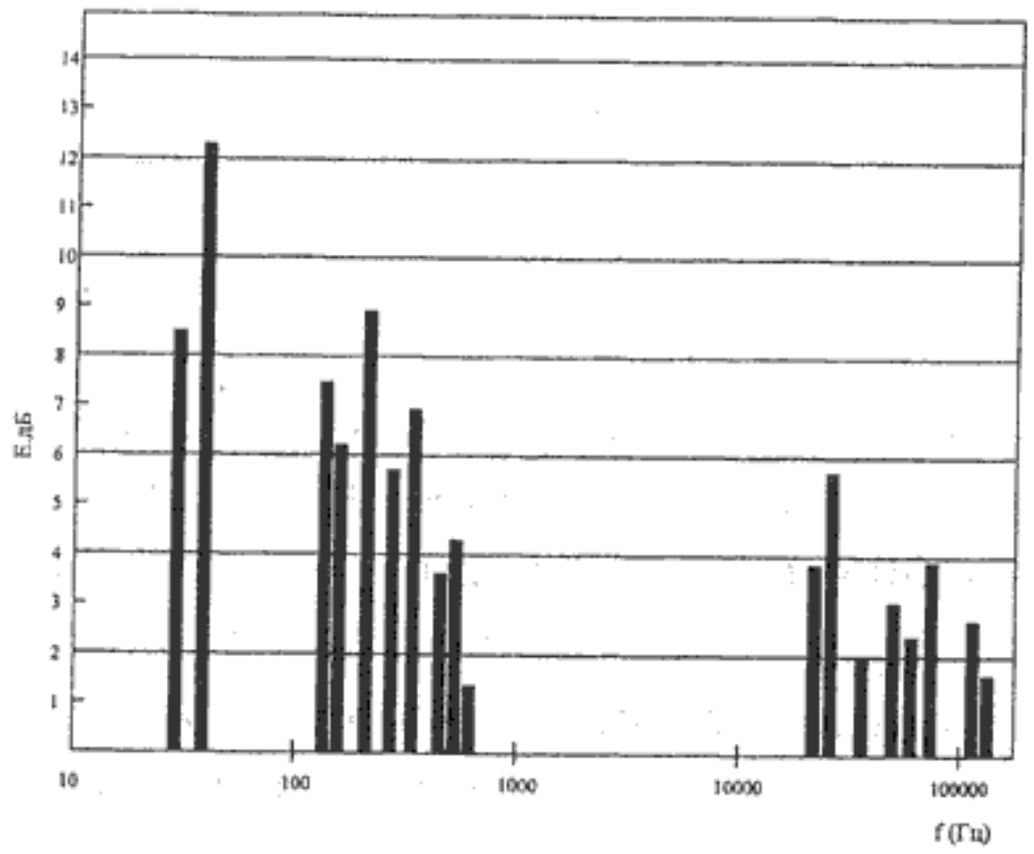


Рисунок 11.1
Спектр випромінювання персонального комп'ютера в діапазоні частот 10 Гц–400 кГц

До складу персонального комп'ютера входить не тільки монітор, а й системний блок (із процесором і пам'яттю), а також різноманітні пристрої введення/виведення інформації: клавіатура, дискові нагромаджувачі, принтер, сканер і т. ін. Крім того, комп'ютери часто оснащують джерелами безперебійного живлення. Усі ці елементи у процесі спільної роботи формують складну електромагнітну обстановку на робочому місці користувача (табл. 11.2).

Електромагнітне поле (ЕМП), яке створює персональний комп'ютер у діапазоні частот від 0 Гц до 1000 МГц, має складний спектральний склад. Воно включає як електричну, так і магнітну складові, причому взаємозв'язок між ними

досить складний, тому й оцінювання проводиться роздільно. Приклад спектра випромінювання ПК наведено на рис. 11.1.

Співробітники Центру електромагнітної безпеки за участі співробітників Лабораторії вимірювань параметрів електромагнітної сумісності ВНІІФТРІ і Лабораторії електромагнітних хвиль НДІ медицини праці Російської академії медичних наук провели вимірювання електромагнітного поля безпосередньо на робочих місцях користувачів. Усього були проведені вимірювання на 474 робочих місцях, оснащених моніторами 72-х типів. Максимальні значення полів, зафіксовані на робочих місцях користувачів ПК, наведено в табл. 11.3.

Таблиця 11.3

Максимальні значення ЕМП, зафіксовані на рабочих місцях користувачів ПК

Вид поля	Діапазон частот	Одиниці вимірювання напруженості	Значення напруженості поля	
			по осі екрана	біля монітора
Електростатичне	–	кВ/м	22,0	–
Електричне	0,1–300 МГц	В/м	17,0	24,0
Електричне	0,02–2 кГц	В/м	150,0	155,0
Електричне	2–400 кГц	В/м	14,0	16,0
Магнітне	0,1–300 МГц	мА/м	–*	–*
Магнітне	0,02–2 кГц	мА/м	550,0	600,0
Магнітне	2–400 кГц	мА/м	35,0	35,0

Примітка: * – нижче межі чутливості приладу.

У 1998 р. Північно-західний науковий центр гігієни й громадського здоров'я Мінздраву РФ провів работи з контролю на відповідність рівнів ЕМП на робочому місці користувача вимогам гігієнічних норм. Дані про зафіксовані значення параметрів поля при обстеженні більш як 120 робочих місць користувачів ПК наведено в табл. 11.4.

Таблиця 11.4

Діапазон значень ЕПМ, виміряних на робочих місцях користувачів ПК

Параметр	Діапазон частот, Гц	
	0,005–2	2–400
Напруженість змінного електричного поля, В/м	1,0–35,0	0,1–1,1
Індукція змінного магнітного поля, нТл	6,0–770,0	1,0–32,0

Таблиця 11.5

Максимальні і середні величини електромагнітного випромінювання монітора ПК

Вид поля	Одиниці вимірювання	Діапазон частот	Відстань					
			0,5 м		0,3 м		0,5 м	0,3 м
			Направленість					
			по осі	навколо	по осі	навколо	по осі	по осі
Магнітне	нТл	5 Гц–2 кГц	< 200	< 200	< 200	260	500	730
Магнітне	нТл	2–400 кГц	< 10	13	–*	52	52	–*
Електричне	В/м	5 Гц–2 кГц	< 10	–*	17	74	–**	152
Електричне	В/м	2–400 кГц	1,7	1,9	4,2	12	12	32
Ел. потенціал	В	–	500	500	500	19 900	19 000	19 000

Примітка: * – нижче межі чутливості приладу, ** – нема даних.

Таблиця 11.6

Результати опитування про вплив випромінювання ПК на користувачів

Скарги	12 місяців при неповній робочій зміні	12 місяців при повній робочій зміні	Більше 12 місяців	Більше 24 місяців
Головний біль і болі в очах	8	35	51	76
Утома, запаморочення	5	32	41	69
Порушення нічного сну	–	8	15	50
Сонливість протягом дня	11	22	48	76
Мінливість настрою	8	24	27	50
Підвищена дратівливість	3	11	22	51
Депресія	3	16	22	50
Зниження інтелектуальних здібностей, погіршення пам'яті	–	3	12	40
Натяг шкіри лоба й голови	3	5	13	19
Випадіння волосся	–	–	3	5
Біль у м'язах	11	14	21	32
Біль у ділянці серця, порушення серцебиття, задуха	–	5	7	32
Послаблення статевої активності	12	18	34	64

Шведський інститут захисту від випромінювання, який є одним з розробників стандарту безпеки MPR II, у своєму звіті подає узагальнені результати вимірювань електромагнітного поля для 150 моделей моніторів (табл. 11.5).

Наявність у приміщенні кількох комп'ютерів з допоміжною апаратурою і системою електроживлення створює складну картину електромагнітного поля.

Поза сумнівом, що високий рівень електромагнітного випромінювання є причиною багатьох захворювань. Однак це питання ще й досі вивчене недостатньо.

Опитування користувачів ПК засвідчило, що вже через 6 місяців роботи в них з'явилися скарги на хворобливі зміни в організмі. Аналіз табл. 11.6 доводить, що вони пов'язані з роботою на комп'ютері. Це надає проблемі боротьби з електромагнітним випрмінюванням ще більшої актуальності.

§ 11.2. Джерела електромагнітного випромінювання

Основним шкідливим виробничим чинником під час роботи комп'ютерів є електромагнітне випромінювання різної частоти. З цим випромінюванням людина стикається від дня свого народження. Справді, Земля створює своє електромагнітне поле, Сонце випромінює електромагнітні хвилі в дуже широкому діапазоні і т. ін. Ці електромагнітні хвилі створюють природний фон. До нього людина пристосувалася, і він, за рідкісним винятком, жодної небезпеки не становить.

З появою електрики і використанням електроприладів інтенсивність випромінювання електромагнітних полів різко збільшилася. Однак оскільки електромагнітні поля цих приладів істотно слабкіші порівняно з електромагнітними полями Землі, насиченість цими приладами побуту і виробництва була незначною, час контактування працівників із цими приладами був мінімальним, то ЕМП електроприладів не становили якоїсь суттєвої небезпеки.

За походженням усі джерела електромагнітних випромінювань (ЕМВ) можна поділити на *природні* і *штучні*.

До першої групи джерел (***природних***) належать:

- атмосферна електрика, обумовлена переміщенням в атмосфері Землі грозових зарядів;
- природний магнетизм гірських порід;
- приливно-відпливні явища в морі;
- магнітні хвилі у верхніх шарах земної атмосфери, спричинені впливом «сонячного вітру» на магнітосферу Землі;
- могутні потоки космічних частинок, які взаємодіють із зарядами атмосферної електрики, що переміщаються в навколоземному просторі;
- випромінювання, викликане гальмуванням заряджених часток у зоні полярних сяйв.

Найбільш могутніми серед зазначених джерел вважають джерела атмосферної електрики. Вони переважають у діапазоні частот 0,003–30 МГц.

У частотному діапазоні 0,03–20 ГГц потужність джерел електромагнітних полів космічного походження перевищує потужність наземних джерел. Так, рівні полів під час «сонячних бурь» тривалістю до місяця можуть у 20–100 разів перевищувати середнє значення, а протягом «спалаху» тривалістю десятків хвилин зазначене перевищення може сягати 10 000 разів.

Електромагнітне випромінювання цих джерел створює своєрідний природний фон, у якому розвивається людина, і тому, за рідкісним винятком, воно не становить великої небезпеки.

Штучні джерела ЕМВ, у свою чергу, можна поділити на дві підгрупи:

- ЕМВ, що охоплює великі простори;
- ЕМВ, пов'язане з використанням устаткування, у якому електрична енергія перетворюється в інші види енергії.

До першої належать лінії електропередач, радіо- і телестанції і т. ін. Вони створюють своєрідний штучний фон. На відміну від природних фонові електромагнітні поля штучного походження мають, як правило, локальний характер. Однак за певних умов зазначені поля можуть поширюватися по дротах на значні відстані. Джерелами фону штучного походження є насамперед промислове устаткування (нагрівальне, силове, зварювальне, верстатне, рухове й освітлювальне), різні транспортні пристрої, комп'ютерна техніка, системи зв'язку.

Штучний фон становить для нас інтерес з двох причин. По-перше, він впливає на роботу електронного устаткування незалежно від наявності чи відсутності людини. По-друге, фон штучного походження впливає на живі організми — а це вже істотно з погляду техніки безпеки, оскільки при розробці й експлуатації електронних пристроїв слід мати на увазі, що фонові значення рівнів поля штучного походження не повинні перевищувати деяких нормованих величин, які, у свою чергу, не становлять небезпеки для людини.

Власне, усунути фонові випромінювання як такі неможливо. Навіть, якщо рівні випромінювання, які створюють джерела техногенного характеру, будуть дорівнювати рівням випромінювання природних джерел, то їхній сумарний рівень уже в два рази перевищить нормальний.

Очевидно, ситуації, пов'язані зі зменшенням техногенного фону, слід спочатку розглядати як компромісні. Як відомо, електромагнітне поле з частотою 50 Гц, яке створюють повітряні лінії електропередачі, становить загрозу для здоров'я людей. Прокладаючи такі лінії передач, передбачають так звану «зону відчуження», у межах якої забороняється будувати житлові будинки. З технічної точки зору для передачі електроенергії можна було б використовувати і кабель, прокладе-

ний під землею, у металевій тубі, що дало б змогу істотно знизити рівень випромінювання. Однак таке рішення істотне дорожче порівняно з традиційним.

Отже, можна стверджувати, що фонові рівні електромагнітного випромінювання штучного походження є безпечними для людини, якщо за абсолютною величиною вони не перевищують значень природного фону. Якщо виходити із цієї передумови, то, безсумнівно, має сенс порівняти фонові значення полів штучного і природного походження. За результатами порівняння можна буде зробити висновки про ступінь перевищення штучним фоном природного і спробувати оцінити ступінь ризику.

До другої підгрупи штучних джерел ЕМВ належать усе без винятку електроустаткування. Воно створює місцеві електромагнітні поля великої напруженості і небезпечне для працівників. В офісах таким видом устаткування є комп'ютер. Як показали результати численних наукових досліджень з використанням новітньої вимірювальної техніки закордонного і вітчизняного виробництва, монітор ПК є джерелом декількох видів полів і випромінювання:

- рентгенівського;
- ультрафіолетового (315–400 нм);
- видимого (400–700 нм);
- ближнього інфрачервоного (700–1050 нм);
- дальнього інфрачервоного (1050 нм–1 мм);
- КВЧ–ДВЧ діапазонів (300 Гц–300 МГц);
- ДВЧ–СЧ діапазонів (300 МГц–3 мГц);
- СЧ–ДНЧ діапазонів (3 МГц–3 кГц);
- ДНЧ–КНЧ діапазонів (3 кГц–3Гц);
- електростатичного і торсіонного полів.

Рентгенівське випромінювання виникає в результаті зіткнення пучка електронів з внутрішньою поверхнею екрана електронно-променевої трубки (ЕПТ). Звичайно скло кінескопа для рентгенівського випромінювання непрозоре. У справного дисплея рівні випромінювання не перевищують рівень звичайного фонового випромінювання — менше 0,5 міліРема на годину, що набагато нижче допустимого рівня. У міру віддалення від поверхні доза випромінювання зменшується в геометричній прогресії. Жителі гір протягом життя зазнають значно сильнішого рентгенівського випромінювання, ніж ті, хто працює на комп'ютері з дисплеєм.

Джерелом електростатичного поля є позитивний потенціал, який подається на внутрішню поверхню екрана для прискорення електронного променя. Напруженість поля в багатоколірних дисплеїв може сягати 18 кВ. Із зовнішнього боку до екрана притягаються негативні частинки з повітря, які при нормальній волого-

сті мають деяку провідність. Якщо зовнішня поверхня екрана заземлена, то негативний заряд на ній знижує напруженість електростатичного поля на 40–50 % для сухого повітря і більш як на 50 % для вологого.

Монітори ПК випромінюють електромагнітні поля в дуже широкому діапазоні. У радіодіапазоні ці поля генеруються електронно-променевою трубкою. Основними ж їх джерелами є горизонтальні і вертикальні відхильні котушки, що сканують електронний промінь і працюють у діапазоні 15–35 кГц. На відстані 50 см від екрана звичайна напруженість електричних полів становить від 1 до 10 В/м, а інтенсивність магнітного поля — від 0,1 до 1 мТ. Відеотермінали також генерують електричні і магнітні поля з частотою 50 або 60 Гц і їх гармоніки.

Генераторами ЕМВ є також і мережні джерела живлення (частота 50 Гц), системи рядкової розгортки (2–400 кгц), блок модуляції променя ЕПТ (5–10 мГц).

Електромагнітне випромінювання зосереджене в конусоподібному просторі із центром на катоді відхильної котушки ЕПТ. Цей простір називають торсіонним полем (рис. 11.2). Розрізняють ліве і праве торсіонні поля.

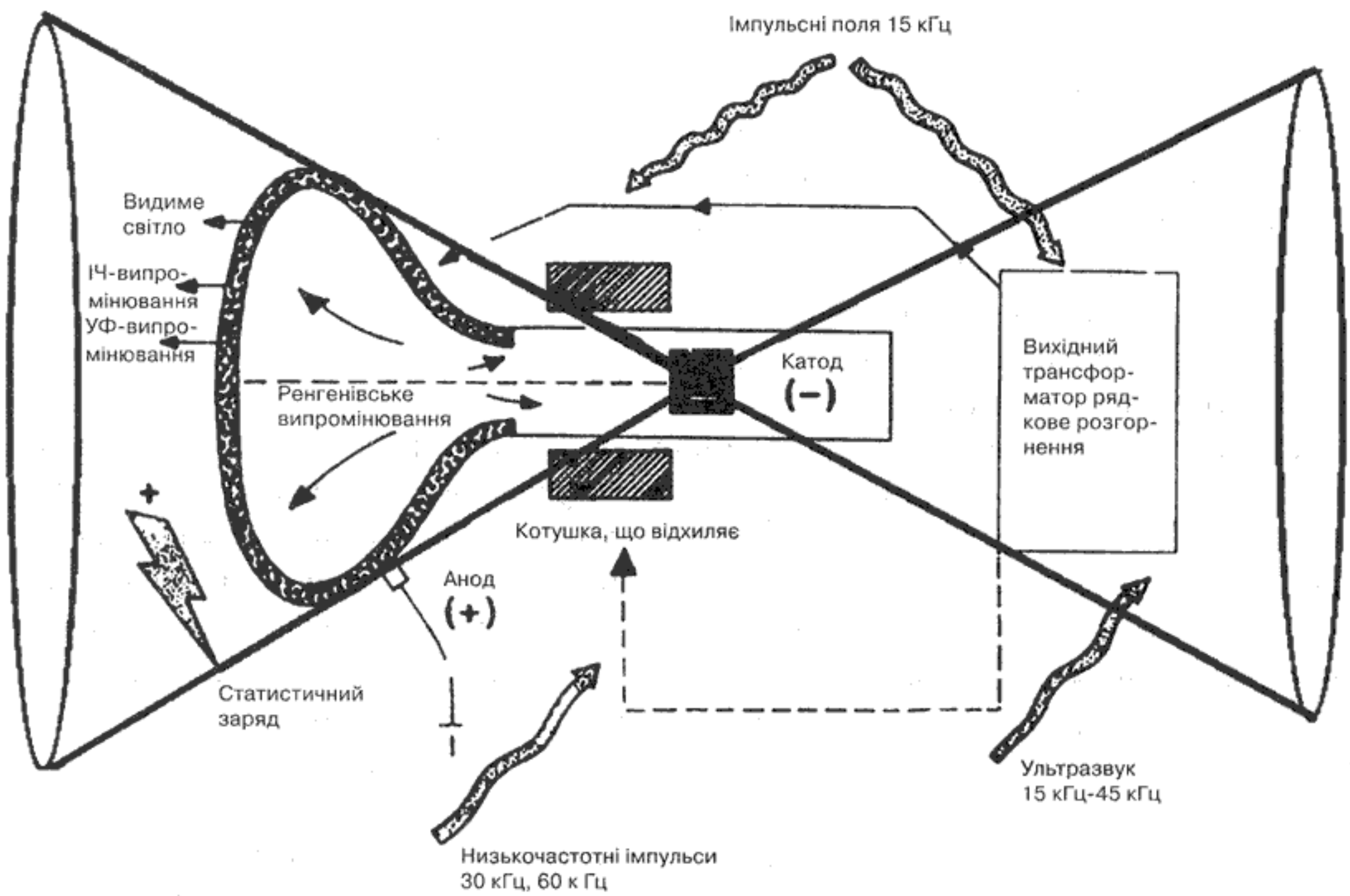


Рисунок 11.2
Торсіонні поля монітора

Часто доводиться чути, що портативні комп'ютери типу Notebook безпечні для користувачів і не потребують таких додаткових заходів захисту, як приекранні фільтри, і що їх можна вважати справді «зеленими» пристроями, які зберігають здоров'я людей і споживають значно менше енергії, ніж їхні електронно-променеві побратими.

В основі подібних уявлень лежить той факт, що в портативних комп'ютерах використовуються екрани на основі рідких кристалів (РК), що не генерують усього «букету» шкідливого випромінювання, властивого звичайним моніторам з електронно-променевою трубкою.

Однак результати досліджень, проведених у випробувальному центрі засобів відображення інформації «Еліта» і у випробувальному центрі «Циклон-тест» (Москва), показали, що електромагнітне випромінювання портативних комп'ютерів типу Notebook значно перевищує екологічні нормативи. Результати випробувань за величиною електромагнітного випромінювання Notebook засвідчили, що інформаційна торсіонна компонента за рівнем негативного впливу на користувача нічим не відрізняється від моніторів на основі ЕПТ.

Нормативи шведського стандарту MPR II, рекомендовані Радою Європейського економічного співтовариства для країн ЄС, поширюються на дисплеї, що містять електронно-променеві трубки. Однак, якщо рівні випромінювання дисплеїв з ЕПТ нормуються, виходячи з вимог безпеки, то цілком логічним є оцінювання відповідності цим нормам апаратури з РК-екранами. Адже ці ПК зазвичай розташовуються ближче до користувача, і, отже, джерела випромінювання будуть з більшою імовірністю впливати на життєво важливі органи людини, тим більше, що деякі користувачі Notebook мають звичку класти свій комп'ютер просто на коліна.

Випробувальні центри «Еліта» і «Циклон-тест» дослідили 5 типів портативних комп'ютерів типу Notebook, виготовлених відомими закордонними фірмами.

Вимірювання проводилися на відстанях, що відлічувалися від центра клавіатури, оскільки вона, як правило, невіддільна від екрана. Враховуючи особливості використання портативних ПК, додатково оцінювалися рівні випромінювання на менших відстанях, ніж це передбачено стандартом MPR II. Випромінювання вимірювалося у 8-ми напрямках від портативного комп'ютера.

Результати вимірювань показали, що в першому діапазоні частот при живленні ПК і від мережі, і від акумулятора в жодному напрямку норми MPR II не виконуються. Лише один Notebook (Epson) при випробуванні від акумулятора відповідав нормам. У діапазоні високих частот становище користувача трохи краще, хоча лише один комп'ютер (Samsung) відповідав екологічному стандарту при обох режимах електроживлення.

Найбільш інтенсивне випромінювання електромагнітних полів ПК спрямоване від задньої стінки перпендикулярно і під кутом 45° вправо.

Зауважимо, що рівні електромагнітного випромінювання портативних комп'ютерів перевищують нормативні параметри для багатьох комп'ютерів з моніторами на ЕПТ.

§ 11.3. Вплив електромагнітних полів на здоров'я користувача комп'ютера

Шкідливий вплив електромагнітного випромінювання на організм людини можна уявити в такий спосіб. Організм людини є складним об'єктом, діяльністю окремих органів якого управляють біоструми. Сигнали, а це здебільшого зовнішні електромагнітні хвилі, сприймаються зоровими і слуховими органами людини, де вони перетворюються в біоструми. Останні по нервових клітинах надходять у мозок і викликають ті чи інші відчуття. Після обробки цих сигналів подається команда, яку біоструми знову ж таки по нервових тканинах передають до органів руху (руки, ноги).

Припустимо, людина йде по дорозі. Електромагнітні хвилі (у даному випадку видимої ділянки спектра, відбиті від дороги і її оточення) надходять у зоровий апарат. Там вони перетворюються в біоструми, які передаються по нервових клітинах у мозок людини і викликають певне сприйняття навколишнього середовища. Але от на дорозі з'явилася яма. Мозок людини шукає рішення, як вийти із цього становища: обійти, перестрибнути, повернутися. Після чого відповідна команда надходить до органів руху і перешкода долається.

У наведеному прикладі електромагнітні хвилі містяться в допустимому природному фоновому випромінюванні, необхідному для вироблення команди. Після використання цього випромінювання організм людини перетворює його в теплове випромінювання, що розсіюється в навколишньому середовищі, та енергію руху.

А тепер уявімо собі іншу ситуацію. За вікном — ясний, сонячний день, людина ж знаходиться в будинку. Безумовно, освітленість усередині приміщення в 10–100 разів менша, ніж поза будинком. Людина виходить з будинку, й інтенсивний потік сонячного світла, тобто відбите від навколишніх предметів електромагнітне випромінювання, спотворює сприйняття навколишнього середовища. Людина втрачає здатність його сприймати. До подібних змін електромагнітного випромінювання природного фону організм людини в процесі еволюції пристосувався. У розділі 7 це питання докладно розглянуто: щоб сприймати освітленість у широких межах, характерних для природних умов, організм людини виробив механізм саморегулювання сприйняття величини сигналів, тобто механізм пристосування, або адаптації.

Отже, сприйняття будь-яких сигналів відбувається тільки в допустимих межах, коли якихось залишкових хворобливих змін в організмі людини не спостерігається.

Що ж відбувається, якщо електромагнітне випромінювання перевищує ці допустимі межі? Припустимо, на дорозі працює зварник. Яскравість зварювальної дуги в 1000 разів перевищує фонове випромінювання. До такої сили випромінювання людина в процесі еволюції, звичайно, пристосуватися не могла. Це вже штучне, створене людиною випромінювання. У цьому випадку зоровий апарат людини не в змозі сприймати це випромінювання. Електромагнітна енергія в зоровому апараті накопичується і призводить до його руйнування і залишкового хворобливого явища — офтальмії.

Аналогічний, але незрівнянно більш складний вплив на організм людини мають і інші види електромагнітного випромінювання. При цьому хворобливі зміни в конкретному органі обумовлюються частотою випромінювання.

Уперше комплексне дослідження несприятливої дії електромагнітних полів на здоров'я користувачів було проведено в 1984 р. у Канаді. Приводом для його проведення стали численні скарги співробітниць бухгалтерії однієї з лікарень. Щоб з'ясувати причини скарг, було виміряно параметри різних випромінювань і складено анкету, що містить запитання до персоналу стосовно симптомів розладів здоров'я. У результаті за підсумками роботи було встановлено однозначний зв'язок захворюваності з одним із провідних факторів зовнішнього впливу — електромагнітним полем, яке генерується монітором комп'ютера.

За узагальненими даними, у працюючих за монітором від 2 до 6 годин на добу в середньому в 4,4 рази частіше, ніж у контрольних групах, виникають функціональні порушення центральної нервової системи; у 2 рази частіше виникають хвороби серцево-судинної системи; у 1,9 рази частіше виникають хвороби верхніх дихальних шляхів; у 3,1 рази — хвороби опорно-рухового апарату. Зі збільшенням тривалості роботи на комп'ютері частка користувачів, які захворіли, різко зростає.

За даними Бюро трудової статистики США, протягом останніх 10 років спостерігалося 8-кратне збільшення кількості випадків розладу здоров'я (непрацездатності) серед користувачів ПК. Установлено також, що частий вплив електромагнітного випромінювання моніторів приводить до аномальних наслідків вагітності. Увагу до мимовільних абортів, що спостерігаються в жінок, які працюють з відеодисплейними терміналами, було привернуто після згадування про такі випадки в ряді публікацій, що вийшли в США, Канаді, Великобританії, Данії, Швеції, а також в Австралії і Польщі. Крім того, відзначалися дефекти розвитку в народжених ними дітей, що розцінюється як тератогенна дія електромагнітних полів, випромінюваних дисплеями комп'ютерів.

У Канаді було обстежено більш як 56 тис. жінок і встановлено певний ризик спонтанних абортів і дефектів розвитку дітей у жінок, які працювали під час вагітності з відеотерміналами. Згідно з даними обстеження, проведеного в США (Каліфорнія), серед великої групи жінок, що працювали до 20 і більше годин на тиждень за комп'ютером, частота мимовільних абортів була підвищеною.

Вивчався 191 випадок мимовільних абортів при 394 благополучних родах, що використовувалися як контроль, причому порівняння проводилося і між групами жінок, які під час вагітності зазнавали впливу магнітних полів від відеодисплеїв умовно високих і низьких інтенсивностей. За результатами досліджень було висловлено думку, що вплив змінних магнітних полів при $H > 0{,}9$ мкТл у ранній період вагітності може призвести до зростання в жінок надалі ризику спонтанних абортів.

Обстеження 1583 жінок, проведене в США (Окленд) Кайзерівським медичним центром, показало, що в жінок, які працюють з комп'ютерними терміналами більш як 20 год. на тиждень, ризик викидня на ранніх і пізніх стадіях вагітності на 80 % вищий, ніж для жінок, що виконують ту ж роботу без дисплейних терміналів. За даними учених Швеції, існує 90 % імовірності, що в жінок — користувачів ПК у 1,5 рази частіше трапляються викидні. Крім того, у них у 2,5 рази частіше, ніж у жінок інших професій, народжуються діти з уродженими вадами.

Нью-Йоркський комітет з охорони праці і профілактики професійних захворювань вважає, що вагітні жінки і ті, які мають намір завагітніти, повинні переводитися на роботу, не зв'язану з використанням ПК.

Користувачі ПК набагато частіше, ніж інші особи, переживають ***стресовий стан***. За даними Національного інституту охорони праці і профілактики професійних захворювань США, користувачі ПК більшою мірою, ніж інші професійні групи (включаючи навіть авіадиспетчерів), піддаються ризикам, пов'язаним з розвитком стресових станів. При цьому в більшості користувачів робота на ПК супроводжується значною розумовою напругою. Підтверджено, що джерелами стресу можуть бути такі обставини: вид діяльності, характерні риси комп'ютера, використовуване програмне забезпечення, організація роботи, соціальні аспекти. Робота на ПК має і власне специфічні стресові фактори, такі як час затримки відповіді (реакції) комп'ютера при виконанні команд людини, «навченість командам керування» (простота запам'ятовування, подібність, простота в користуванні і т. ін.), спосіб візуалізації інформації тощо. Перебування людини в стані стресу приводить до змін настрою людини, підвищення агресивності, виникнення депресії, зниження порога дратівливості. Зареєстровано випадки психосоматичних розладів, порушення функції шлунково-кишкового тракту, порушення сну, зміни частоти пульсу, менструального циклу. Перебування людини в умовах стрес-фактора протягом тривалого часу приводить до розвитку серцево-судинних захворювань.

У результаті спеціально проведених експериментів було доведено, що електростатичні поля сприяють перенесенню аерозольних частинок на обличчя користувача, і залежно від природи аерозольних забруднюючих частинок у певної групи осіб з чутливою шкірою можуть виникати ті чи інші ***шкірні реакції***. У науковій літературі описано випадки розвитку дерматиту на обличчі користувачів ПК. Дерматит зникав, коли користувачі припиняли роботу на комп'ютері. У зв'язку із цим висловлено припущення, що екзема розвивається через активізацію електростатичним полем аерозольних частинок і зміни складу таких частинок, обумовленого їх електростатичним збуренням.

Дуже розповсюдженим захворюванням у користувачів ПК є ураження сухожиль кистей рук, обумовлене поступовим погіршенням кровопостачання м'язів, частковим атрофуванням нервових закінчень і зниженням тонусу м'язів. Зазначений комплекс називається «***зап'ястним синдромом***», найбільш характерною ознакою якого є скарги користувачів на болі в зап'ястях. За відсутності цілеспрямованих процедур реабілітації надалі можливий розвиток контрактур.

До симптомів зорового стомлення користувача монітора належить відразу цілий «букет» проявів: «завіса», «туман» перед очима, хворобливість і ***стомлюваність очей***, головні болі, порушення сну, зміни психофізичного стану організму. Необхідно зазначити, що скарги на погіршення зорового сприйняття можуть бути пов'язані як зі згаданими вище факторами, так і з умовами освітлення, станом зору користувача і т. ін. Серед осіб, що працюють за комп'ютерами, були зареєстровані випадки захворювання на катаракту. Статистичний аналіз наявних даних показав, що частота виникнення катаракти при роботі з моніторами істотно не відрізняється від такої в інших осіб, які не працюють з ними.

Існують суперечливі дані про розвиток міопії (короткозорості) у користувачів ПК. За даними Каліфорнійського університету (США), зі 150 чоловік, які працюють за моніторами в середньому по 6 годин на день протягом 4 років, у 100 чоловік спостерігалася проблема з фокусуванням зору. У зв'язку із цим важливо проводити систематичне обстеження осіб, які працюють з комп'ютером, з метою корекції зору в разі потреби.

Медичні кола стурбовані тим, що серед користувачів ПК виявлено новий тип захворювання — ***синдром комп'ютерного стресу*** оператора дисплея (СКС), що супроводжується головним болем, запаленням очей, алергією, дратівливістю, млявістю і депресією.

Симптоми захворювання різноманітні й численні. У нашому огляді вони згруповані за принципом впливу на ту чи іншу частину організму. Як правило, наявність єдиного симптому малоймовірна, оскільки всі функціональні органи людини взаємозалежні.

1. *Фізичні нездужання*: сонливість, відчуття втоми, що не проходить (навіть після відпочинку); головні болі після роботи; головні болі в ділянці очей (очні болі); головні болі в ділянці надбрів'їв і лоба; головні болі в потиличній, бічних і тім'яній частинах голови; болі в нижній частині спини, в ділянці стегон, у ногах; почуття поколювання, оніміння; болю в руках, зап'ястях, кистях; напруженість м'язів верхньої частини тулуба (шия, спина, плечі, руки).
2. *Захворювання очей*: швидка стомлюваність, почуття гострого болю, печіння, свербіння, сльозотеча; часте моргання, відчуття натертості в очах.
3. *Порушення візуального сприйняття*: нечіткість зору на далеку відстань відразу після роботи за комп'ютером («завіса» перед очима); нечіткість зору на близькій відстані (зображення на екрані погано фокусується зоровою системою); нечіткість зору посилюється протягом дня; виникнення подвійного зору (зображення на екрані двоїться); окуляри стають «слабкими» (необхідність зміни окулярів); головні болі; повільне рефокусування; косоокість.
4. *Погіршення зосередженості і працездатності* (дуже часто є наслідком візуальних порушень): важко зосередити увагу (неможливо зберегти уважність протягом тривалого часу); дратівливість під час і після роботи; втрата робочої точки на екрані, пропуски рядків, слів, уведення повторних рядків, помилки при заповненні стовпчиків (невлучення), перестановка слів або цифр місцями.

Причинами різноманітних симптомів синдрому комп'ютерного стресу, на думку медиків, є п'ять основних факторів:

- неправильна робота очей і неправильне положення тіла;
- носіння окулярів або контактних лінз, які не відповідають стану зорового апарату;
- неправильна організація робочого місця;
- складання фізичних, розумових і візуальних навантажень;
- низький рівень візуальної підготовленості до роботи з комп'ютером.

Медико-біологічні дослідження Українського науково-дослідного інституту охорони праці підтвердили вплив ПК на роботу користувачів.

Відповідно до СанПіН 2.2.2.542-96 жінки з часу встановлення вагітності й у період годівлі дитини грудьми до виконання всіх видів робіт, пов'язаних з використанням відеодисплейних терміналів і персональних електронно-обчислювальних машин, не допускаються. Працевлаштування вагітних жінок слід здійснювати відповідно до «Гігієнічних рекомендацій з раціонального працевлаштування вагітних жінок».

Узагальнені дані про суб'єктивні скарги користувачів і можливі причини їхнього прояву наведено в табл. 11.7.

Таблиця 11.7

Суб'єктивні скарги користувачів ПК і можливі причини їх походження

Суб'єктивні скарги	Можливі причини
Різання в очах	Візуальні ергономічні параметри монітора, освітленість на робочому місці і в приміщенні
Головний біль	Аероіонний склад повітря в робочій зоні, режим роботи
Підвищена нервозність	Електромагнітне поле, кольорова гама приміщення, режим роботи
Швидка стомлюваність	Електромагнітне поле, режим роботи
Послаблення пам'яті	Електромагнітне поле, режим роботи
Порушення сну	Електромагнітне поле, режим роботи
Випадання волосся	Електростатичні поля, режим роботи
Висипи на шкірі, її почервоніння	Електростатичні поля, режим роботи, аероіонний і пиловий склад повітря в робочій зоні
Болі в животі	Неправильна посадка, зумовлена неправильним облаштуванням робочого місця
Болі в поясниці	Неправильна посадка користувача, зумовлена непродуманим облаштуванням робочого місця, режим роботи
Болі в зап'ястях і пальцях	Неправильна конфігурація робочого місця, у тому числі висота столу не відповідає росту користувача і висоті крісла, незручна клавіатура, режим роботи

§ 11.4. Санітарні норми й стандарти безпеки електромагнітного випромінювання

З метою забезпечення безпеки користувачів ПК було розроблено Санітарні правила і норми «Гігієнічні вимоги до відеодисплейних терміналів, персональних електронно-обчислювальних машин та організації робіт» СанПіН 2.2.2.542-96. Згідно із цими вимогами визначаються нормовані величини факторів впливу, що дає змогу мінімізувати шкоду, якої вони завдають. У табл. 11.8 наведено гранично допустимі значення рівнів (ГДР) електромагнітних полів і поверхневого електростатичного потенціалу, який генерують монітори.

Таблиця 11.8
ГДР електромагнітного поля і поверхневого електростатичного потенціалу монітора комп'ютера

Вид поля	Діапазон частот	Одиниця вимірювання	ГДР
Магнітне поле	5 Гц–2 кГц	нТл	250
Магнітне поле	2–400 кГц	нТл	25
Електричне поле	5 Гц–2 кГц	В/м	25
Електричне поле	2–400 кГц	В/м	2,5
Еквівалентний (поверхневий) електростатичний потенціал	–	В	500

У табл. 11.9 та 11.10 наведено значення гранично допустимих рівнів напруженостей електричного і магнітного полів (виробничі і невиробничі норми) залежно від частоти.

У розділі 3 СанПіН 2.2.2.542-96 (який містить нормативи, що регламентують рівні електромагнітних полів) сформульовано вимоги до технічних засобів на робочому місці. Це означає, що монітор ПК, системний блок, джерело безперебійного живлення і т. ін. повинні створювати на робочому місці рівні власних електричних і магнітних полів не вище значень, встановлених у СанПіН 2.2.2.542-96.

Однак на досліджуваних робочих місцях діють електричні і магнітні поля з частотою 50 Гц, причому навіть тоді, коли вся згадана вище техніка не працює. Це, у свою чергу, означає, що при визначенні ступеня електромагнітної безпеки робочого місця користувача ПК необхідно підтвердити його відповідність нормативним документам:

Таблиця 11.9
ГДР напруженостей електричного і магнітного полів

Частота	Виробничі норми		Невиробничі норми	
Гц	$E_п$ (кВ/м)	$H_п$ (мТ)	$E_п$ (кВ/м)	$H_п$ (мТ)
50	30	1,6	10	0,64
60	25	1,33	10	0,53
400	3,25	0,2	1,5	0,08

Таблиця 11.10
ГДР напруженостей електричного і магнітного полів

Частота	Виробничі норми			Невиробничі норми		
МГц	$E_п$ (В/м)	$H_п$ (А/м)	$P_п$ (Вт/м^2)	$E_п$ (В/м)	$H_п$ (А/м)	$P_п$ (Вт/м^2)
27	61,4	0,16	10	27,5	0,07	2
433	63	0,17	11	28	0,08	22
2450	137	0,6	50	61,4	0,16	10

- СанПіН 2.2.2.542-96 — «Вимоги до електричних і магнітних полів дисплеїв і ПЕОМ»;
- СанПіН 5802-91 — «Вимоги до електричних полів промислової частоти 50 Гц»;
- СанПіН 2.2.4.723-98 — «Вимоги до магнітних полів промислової частоти 50 Гц»;
- СанПіН 3.3.2-007-98 «Державні санітарні правила і норми роботи з візуальними дисплейними терміналами електронно-обчислювальних машин»;
- СН 512-78 «Інструкція з проектування будівель і приміщень для електронно-обчислювальних машин».

Унаслідок відмінностей у спектральному складі випромінюваних полів при широкосмугових інтегральних вимірюваннях важко зробити точний висновок про внесок у сумарний фон власного поля ПК і зовнішніх полів частотою 50 Гц. Отже, робити висновок про невідповідність робочого місця вимогам СанПіН 2.2.2.542-96 за рівнями електричних і магнітних полів у даному випадку неправомірно.

У європейських нормативних документах нормовані параметри поділяються на ***первинні*** і ***вторинні***. Під первинними розуміють показники, що характеризують процеси, які відбуваються в тканинах організму. Як вторинні використовують первинні показники, перераховані в падаюче (неспотворене) поле за допомогою відповідних коефіцієнтів. Ці коефіцієнти дають змогу врахувати відмінності впливів на різні групи органів (клітин) організму.

Такий підхід при всій його логічності, проте, до певної міри є суб'єктивним. Причина цього полягає в неможливості точно виміряти первинні показники, що є визначальними в розумінні впливу на організм. Вторинні ж показники можна виміряти точно, причому всі необхідні для цього пристрої випускаються серійно.

На низьких частотах (до 10 МГц) як первинний параметр приймається щільність струму **J**, наведеного в тканинах організму (в **А/м^2**). Як вторинні параметри — напруженість падаючих (тобто неспотворених відбитим полем) електричного **Е (В/м)** і магнітного **Н (А/м)** полів. Як вторинний параметр розглядають також струм **I** (А), що протікає в тканинах організму, хоча даний параметр є актуальним скоріше з погляду електробезпечності.

На високих частотах (0,01–300 ГГц) як первинний параметр приймають питому поглинуту потужність **SAR** (Specific Adsorption Rate), що визначається на одиницю маси тіла. В одиницях СІ **SAR** визначається у ватах на 1 кг (Вт/кг). **SAR** може відображати як середнє значення поглинутої потужності всім тілом або його частиною, так і потужність — за певний проміжок часу або за 1 імпульс. **SAR** можна розрахувати теоретично або оцінити експериментально. Введення даного параметра здійснюється за критерієм нагрівання тканин, виходячи з того, що нормована потужність поглинається одним кілограмом біологічно однорідної тканини при її рівномірному опроміненні. Якщо за одиницю маси живої тканини прийняти 1 г, то змінюється тільки розмірність **SAR (мВт/г)**, але не його числове значення.

Як технічні стандарти безпеки моніторів широко використовуються відомі Шведські стандарти TCO 92/95/98 і MPR II. Ці документи визначають вимоги до монітора персонального комп'ютера за всіма параметрами (а не тільки електромагнітним), здатними впливати на здоров'я користувача.

Найбільш строгі вимоги до монітора висуває стандарт TCO 95. Він обмежує параметри випромінювання монітора, споживання електроенергії, візуальні параметри і т. ін. У результаті монітор, що відповідає його вимогам, виявляється найбільш «лояльним» до здоров'я користувача. У частині параметрів випромінювання йому відповідає стандарт TCO 92, розроблений Шведською конфедерацією профспілок.

Стандарт MPR II менш строгий — він встановлює граничні рівні електромагнітного поля приблизно в 2,5 рази вищі, ніж TCO 92/95/98. Його розробили Інститут захисту від випромінювання (Швеція) і ряд організацій, у тому числі найбільші виробники моніторів.

Що стосується електромагнітних полів, стандарту MPR II відповідають уже згадувані санітарні норми СанПіН 2.2.2.542-96 «Гігієнічні вимоги до відеодисплейних терміналів, персональних електронно-обчислювальних машин та організації робіт».

§ 11.5. Засоби захисту користувачів ПК від електромагнітних полів

Захист користувача ПК від електромагнітних полів здійснюється в таких напрямах:

1) захист зміною напрямку лівого торсіонного поля;
2) захист екрануванням;

3) захист відстанню;
4) захист часом.

В основу створення пристроїв ***захисту зміною напрямку торсіонного поля*** покладено взаємодію торсіонних полів монітора і власного торсіонного поля пристрою захисту [SR].

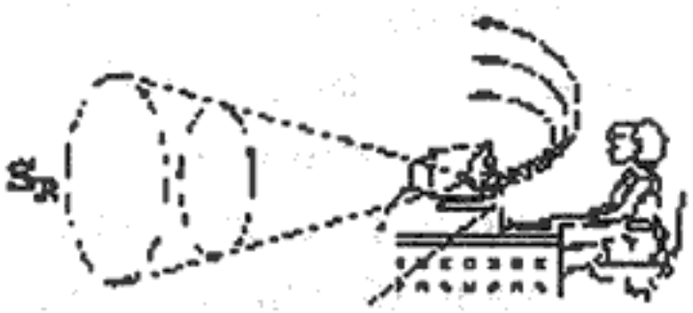


Рисунок 11.3
Зміни торсіонних полів при встановленні пристрою захисту

З рис. 11.3 видно, що ліве поле відеомонітора і праве поле пристрою захисту частково компенсують одне одного, а некомпенсована частина лівого торсіонного поля відеомонітора відхиляється практично на 180°, тобто в зону правого торсіонного поля SR, яке генерується монітором. У результаті взаємодії протилежно закручених вихорів лівого і правого торсіонних полів обидва істотно послаблюються, а сумарне поле за монітором наближається до рівня фонового.

Пристрій захисту користувача ПК і телевізора від негативного впливу торсіонної компоненти електромагнітного випромінювання монітора являє собою генератор статичного формового торсіонного поля.

Цей генератор можна віднести до третього класу природних джерел торсіонних полів із широким спектром різних геометричних структур, утворених тими чи іншими речовинами. Кожна з геометричних структур має властиву їй певну семантичну наповненість.

Фахівці Національного технічного університету «Київський політехнічний інститут», ТОВ «Спінор Інтернешнл», Міжнародної академії біоенерготехнологій розробили прилади для усунення негативного впливу торсіонної компоненти електромагнітного випромінювання моніторів, телевізорів та іншої електронної техніки.

У розробках використано ідеї часткового розсіювання і відхилення лівих торсіонних полів, які генеруються моніторами, телевізорами та іншою електронною технікою при їх взаємодії з правими торсіонними полями пристроїв захисту. Аналогічно тому, як взаємодіють власні торсіонні поля будівель і споруд з лініями ГПЗ, що змінюють напрямок останніх таким чином, що вони стають паралельними стінам.

Одним з таких пристроїв є «ФОРПОСТ-1», завдяки якому можна відхиляти і розсіювати до фонового рівня ліві торсіонні поля, які генеруються моніторами ПК, телевізорами, мікрохвильовими печами й іншою електронною технікою, охороняючи користувачів від їх негативного впливу.

Ці пристрої, до складу яких входить і біополімер, що містить холестеринацетат, крім інформаційного фону матеріалу, з якого вони виготовлені, несуть у

Рисунок 11.4
Рекомендоване розташування комп'ютерів у приміщенні

собі й інформаційні спектрально-хвильові компенсувальні впливи, що здійснюють регулювальний і компенсаторний вплив на організм людини і її функціональні системи.

«Форпост-1» забезпечує медико-біологічний захист людини, запобігає негативному впливу торсіонних полів на імунну, ендокринну і репродуктивну системи, генетичний апарат; розладам нервової і серцево-судинної системи; порушенням діяльності головного мозку, виникненню патології зорового апарату; захворюванням верхніх дихальних шляхів; утомі і напруженості користувача ПК під час роботи.

За умови розташування комп'ютерів по периметру приміщення тильною стороною до стіни застосування «Форпосту-1» дає змогу в центральній частині приміщення створити безпечну зону (рис. 11.4).

Захист екрануванням

Це один з найефективніших та універсальних видів захисту. Його застосовують як для захисту устаткування, так і для захисту людини. Теоретично екранування дає змогу забезпечити нескінченно велике послаблення поля. На практиці ж ступінь послаблення поля екранами намагаються довести лише до певного рівня, що встановлюється відповідно до вимог безпеки.

Точніше кажучи, екрануванням називається локалізація електромагнітної енергії в певному просторі за рахунок обмеження поширення її всіма можливими способами.

Захист відстанню

Це досить ефективний метод захисту, що широко застосовується не тільки на стаціонарних об'єктах (станції радіо- і телемовлення, передавачі систем стаціонарного зв'язку і т. п.), але і на мобільних. Так, наприклад, у разі підключення до мобільного телефону зовнішньої антени або виносної мікротелефонної гарнітури відстань між користувачем та антеною телефону збільшується, унаслідок чого вдається знизити частку енергії, що поглинається тілом. Виділення санітарно-захисних зон і зон обмеження забудови навколо могутніх радіостанцій і високо-

вольтних ліній електропередачі забезпечує саме захист відстанню. Слід особливо підкреслити, що ефективність такого захисту визначається віддаленістю від джерела: чим далі знаходиться людина, тим вищий ступінь безпеки. Це досить ефективний метод захисту, але він, в основному, придатний для захисту тих, чиє перебування в електромагнітному полі не пов'язане з виконанням професійних обов'язків. Крім того, при розміщенні джерел електромагнітного поля поблизу великого скупчення людей (наприклад, у підземному транспорті, виробничих приміщеннях і т. ін.) такий метод практично непридатний. Його застосування є по суті компромісом між безпекою людей і функціонуванням устаткування. Хоча, власне кажучи, навколо деяких об'єктів і можна було б встановити захисні екрани, організація санітарно-захисної зони є заходом дешевшим. Екранування ж передавальних антен неможливе взагалі, а для зниження рівня побічного випромінювання намагаються збільшити спрямованість антен, але в такого підходу теж є певні обмеження, що не дають змоги забезпечити будь-який — як завгодно високий — ступінь спрямованості характеристики випромінювання.

Захист часом

Даний вид захисту базується на дозовій концепції і має на увазі обмеження нагромадження в організмі людини енергії електромагнітного випромінювання часом перебування в електромагнітному полі і нормування інтервалів часу, протягом яких людина залишає небезпечну зону. При цьому забезпечується як неперевищення допустимої дози, так і залучення природних захисних ресурсів організму, які за відсутності випромінювання відновлюють функції організму. Саме для такого захисту і передбачається нормування енергетичної експозиції.

Даний вид захисту передбачає визначення норм впливу, хронометраж робочого часу й облік експозиційної дози. Цей підхід слід вважати цілком доречним у тих випадках, коли застосування інших захисних засобів (екранів, спецодягу і т. ін.) неможливе. Крім обмеження часу перебування людини в електромагнітному полі, при такому виді захисту фактично відбувається «дроблення» впливу, оскільки в проміжках між впливами випромінювання організм відновлює свої функції. Таким чином можна забезпечити досить надійний захист людини, але індивідуальний ризик залишається незмінним: чинна система нормування базується на певних граничних показниках (напруженість поля, щільність потоку потужності, енергетична експозиція), а індивідуальна чутливість даного організму (чи навіть конкретного органа) ніяк не враховується.

Такий метод захисту можна вважати вже традиційним: нормування часу впливу є одним з основних способів захисту, що передбачаються правилами тех-

ніки безпеки (особливо — радіаційної). Це цілком ефективний спосіб захисту, що вимагає, крім уже зазначених заходів (зокрема хронометражу робочого часу), забезпечення «незмінності» параметрів впливу. Інакше кажучи, якщо час перебування користувача ПК перед монітором був обмежений 2-ма годинами, то після заміни цього монітора на інший буде потрібно знову провести інструментальні вимірювання електромагнітної обстановки на робочому місці, а потім визначити граничний час перебування співробітника. Отже, одним з істотних недоліків такого методу є відсутність оперативного контролю за електромагнітною обстановкою: щоб забезпечити заданий рівень безпеки електромагнітна обстановка повинна залишатися незмінною.

До переліку захисних заходів, що підвищують безпеку людини в умовах електромагнітних полів підвищеної інтенсивності, належать не тільки перераховані вище. Під час роботи в небезпечних умовах застосовуються додаткові ***засоби індивідуального захисту***: індикатори поля, переносні екрани, поглинаючі покриття, спецодяг.

Індикатори поля є спеціалізованими пристроями, призначеними для контролю за рівнем електромагнітного поля. Такі пристрої виготовляються за спрощеною схемою і виконують функції «аварійної сигналізації». Вони мають світлові і звукові індикатори, що спрацьовують, якщо електромагнітне поле досягає критичного рівня. Такі пристрої мають малі габарити і вагу, що дає змогу розміщувати їх безпосередньо на операторі: на поясі, у нагрудній кишені і т. ін. Їх застосування дає змогу уникати небезпечних зон, а у разі перебування в них приблизно визначати рівень поля, і вибирати найменш небезпечні ділянки.

Переносні екрани і поглинальні покриття використовуються як тимчасовий засіб захисту, наприклад під час проведення ремонтних, монтажних чи регламентних робіт. Вибір місця їх встановлення залеежить від виробничих вимог і, власне, електромагнітної обстановки. На відміну від стаціонарних засобів захисту, ефективність яких можна визначити розрахунковим способом заздалегідь, визначити ефективність тимчасових засобів можна тільки експериментально за допомогою відповідних вимірювальних приладів.

У тих випадках, коли потрібно забезпечити додатковий захист, слід використовувати індивідуальні засоби: захисні окуляри, шоломи, щитки, плащі, комбінезони і т. ін. Застосування спецодягу хоча і є вимушеною мірою, забезпечує не тільки захист від впливу електромагнітних полів, а й електробезпечність. Так, наприклад, при роботі з високовольтними пристроями застосування заземленого спецкостюма з тканини з металізованими нитками дає змогу захистити людину від ураження електричним струмом і від електричного поля. Для захисту ж від магнітного поля такий костюм непридатний.

Контрольні запитання

1. *Які небезпечні і шкідливі фактори впливають на працівників під час роботи в офісі?*
2. *Які джерела електромагнітного випромінювання є в офісі?*
3. *Як електромагнітні поля впливають на людину?*
4. *Назвіть небезпечні і шкідливі фактори, що діють на працівника при роботі за комп'ютером?*
5. *У чому сутність синдрому комп'ютерного стресу?*
6. *Назвіть відомі Вам способи і засоби захисту користувачів персональних комп'ютерів.*

Розділ 12
ВИМОГИ ОХОРОНИ ПРАЦІ ДО ОФІСНИХ ПРИМІЩЕНЬ І РОЗМІЩЕННЯ В НИХ ПК

§ 12.1. Загальні вимоги

Крім загальних вимог охорони праці, наведених у розділах 3–9 даного навчального посібника, до приміщень, у яких розміщені комп'ютери, висуваються і спеціальні вимоги, викладені в таких законодавчих і нормативних актах:

- СН 512-78 «Інструкція з проектування будівель і приміщень для електронно-обчислювальних машин», затверджена Держбудом СРСР;
- ДСанПіН 3.3.2-007-98 «Державні санітарні правила і норми роботи з візуальними дисплейними терміналами електронно-обчислювальних машин», затверджені МОЗ України 10.12.1998 р.;
- вимоги нормативно-технічної та експлуатаційної документації заводу-виробника ПК, діючих санітарних норм, санітарних норм і правил, правил у сфері охорони праці.

Площа та об'єм приміщень, у яких розміщуються відеотермінали (монітори), визначаються згідно з діючими нормативними документами: площа — не менше 6 $м^2$, об'єм — не менше 20,0 $м^3$ з розрахунку на одне робоче місце, обладнане відеотерміналом — з урахуванням максимальної кількості осіб, що одночасно працюють у зміні.

Обслуговування, ремонт й налагодження ПК, вузлів і блоків комп'ютерів повинні виконуватися в окремому приміщенні (майстерні). При цьому робочі місця електронників та електромеханіків повинні бути оснащені спеціальним устаткуванням і захисними засобами. Підлога всієї зони обслуговування, ремонту й налагодження ПК, вузлів і блоків ПК повинна бути покрита діелектричними ковриками, термін використання яких після їх випробування на електричну міцність не минув, або викладена ізолювальними підстилками для ніг (шириною не менш як 0,75–0,8 м).

Приміщення комп'ютерних класів (залів), у яких проводиться навчання на ПК, повинні мати суміжне приміщення (лаборантську) площею не менш як 18 м^2 із двома входами: у навчальне приміщення й у коридор (на сходову клітку).

У приміщеннях із ПК потрібно щодня робити вологе прибирання.

У приміщеннях із ПК повинні бути медичні аптечки першої допомоги.

Приміщення з ПК повинні бути оснащені системою автоматичної пожежної сигналізації відповідно до вимог Переліку однотипних за призначенням об'єктів, що повинні бути обладнані автоматичними установками пожежогасіння і пожежної сигналізації, затвердженого наказом Міністерства внутрішніх справ України 20.11.1997 р. за № 779 і зареєстрованого в Міністерстві юстиції України 28.11.1997 р. за № 567/2371, і СНіП 2.04.09-84 «Пожежна автоматика будівель і споруд» з димовими пожежними оповіщувачами і переносними вуглекислотними вогнегасниками з розрахунку 2 шт. на кожні 20 м^2 площі приміщення з врахуваннямм гранично допустимих концентрацій вогнегасної рідини відповідно до вимог Правил пожежної безпеки в Україні. В інших приміщеннях допускається встановлювати теплові пожежні оповіщувачі.

Приміщення для відпочинку осіб, які працюють із ПК, призначені для приймання їжі, психологічного розвантаження, і інші побутові приміщення повинні обладнуватися відповідно до вимог СНіП 2.09.04-87.

Власник організує проведення аналізу шкідливих і небезпечних факторів виробничого середовища і трудового процесу на робочих місцях із ПК відповідно до діючих законодавчих, нормативно-правових актів і Порядку проведення атестації робочих місць за умовами праці, затвердженого постановою Кабінету Міністрів України від 01.08.1992 р. за № 442.

§ 12.2. Санітарно-гігієнічні вимоги

Умови праці осіб, які працюють із ПК, повинні відповідати I чи II класу згідно з Гігієнічною класифікацією праці за показниками шкідливості і небезпеки факторів виробничого середовища, складності і напруженості трудового процесу.

§ 12.3. Вимоги до освітлення

Основні вимоги до освітлення, методи розрахунку, підбір світильників викладено в розділі 7.

Природне світло в приміщеннях із ПК повинно проникати через бічні світлові прорізи (вікна), орієнтовані бажано на північ або північний схід, і забезпечувати коефіцієнт природної освітленості (КПО) не нижче, ніж 1,5 %. Вікна повинні мати регулювальні пристрої для відкривання, а також жалюзі, штори, зовнішні козирки і т. ін.

Штучне освітлення приміщення з робочими місцями, обладнаними ПК загального і персонального користування, повинно являти собою систему загального рівномірного освітлення. У виробничих та адміністративно-громадських приміщеннях, де переважають роботи з документами, допускається застосування системи комбінованого освітлення (встановлення додатково до загального освітлення світильників місцевого освітлення).

Загальне освітлення повинно бути виконане у вигляді суцільних або переривчастих ліній світильників, розташованих збоку від робочих місць (переважно ліворуч) паралельно напрямку зору працівників. Допускається застосування світильників таких класів світлорозподілу:

- світильники прямого світла — П;
- переважно прямого світла — Н;
- переважно відбитого світла — В.

За умови розташування відеотерміналів по периметру приміщення лінії світильників штучного освітлення повинні розміщуватися локально над робочими місцями.

Для загального освітлення необхідно застосовувати світильники з розсіювачами і дзеркальними екранними сітками або відбивачами, укомплектовані високочастотними пускорегулювальними апаратами (ВЧ ПРА). Допускається застосування світильників без ВЧ ПРА лише в разі використання моделі з технічним найменуванням «Кососвет».

Застосування світильників без розсіювачів та екранних сіток забороняється.

Як джерело світла при штучному освітленні повинні застосовуватися люмінесцентні лампи типу ЛБ. Обладнання відбитого світла у виробничих та адміністративно-громадських приміщеннях може оснащуватися металогалогеновими лампами потужністю до 250 Вт. У світильниках місцевого освітлення допускається застосування ламп розжарювання.

Яскравість світильників загального освітлення в зоні кутів випромінювання від 50° до 90° по вертикалі в подовжній і поперечній площинах повинна становити не більше 200 кд/м^2, а захисний кут світильників не повинен перевищувати 40°.

Коефіцієнт запасу (Кз) відповідно до СНіП II-4-79 для освітлювальної установки загального освітлення слід брати 1,4.

Коефіцієнт пульсації не повинен перевищувати 5 % і забезпечуватися шляхом застосування газорозрядних ламп у світильниках загального і місцевого освітлення.

За відсутності світильників із ВЧ ПРА лампи багатоламповних світильників або розташовані поруч світильники загального освітлення необхідно підключати до різних фаз трифазної мережі.

Рівень освітленості на робочому столі в зоні розміщення документів повинен бути в межах 300–500 лк. Якщо забезпечити системою загального освітлення даний рівень освітленості неможливо, то допускається застосування світильників місцевого освітлення. При цьому не повинно бути відблисків на поверхні екрана і збільшення освітленості екрана більш як на 300 лк.

Світильники місцевого освітлення повинні мати напівпрозорий відбивач світла із захисним кутом не менше 40°.

Необхідно передбачити обмеження прямого блиску від джерел природного і штучного освітлення. При цьому яскравість світних поверхонь (вікна, джерела штучного світла), що перебувають у полі зору, не повинна перевищувати 200 кд/м^2.

Відбитий блиск необхідно обмежувати шляхом правильного вибору типів світильників і раціональним розміщенням робочих місць щодо джерел природного і штучного освітлення. При цьому яскравість відблисків на екрані відеотерміналa не повинна перевищувати 40 кд/м^2, яскравість стелі при застосуванні системи відбитого освітлення — 200 кд/м^2.

Необхідно обмежувати нерівномірність розподілу яскравості в полі зору осіб, які працюють з відеотерміналом. При цьому співвідношення значень яскравості робочих поверхонь не повинно перевищувати 3:1, а робочих поверхонь і навколишніх предметів (стіни, устаткування) — 5:1.

Необхідно використовувати систему вимикачів, що дає змогу регулювати інтенсивність штучного освітлення залежно від інтенсивності природного, а також освітлювати тільки необхідні для роботи зони приміщення.

З метою забезпечення нормативних значень освітленості в приміщеннях з комп'ютерами необхідно очищати шибки і світильники не рідше двох разів на рік і вчасно замінювати перегорілі лампи.

§ 12.4. Вимоги до рівнів шуму й вібрації

Загальні вимоги щодо захисту від шуму й вібрації викладено в розділі 8. Рівні вібрації у виробничих приміщеннях із ПК не повинні перевищувати допустимих значень, зазначених у СН 3044-84 «Санітарні вібрації робочих місць», затверджених Міністерством охорони здоров'я СРСР, і ДС 3.3.2-007-98.

Як засоби поглинання шуму повинні застосовуватися негорючі або важкогорючі спеціальні перфоровані плити, панелі, мінеральна вата з максимальним коефіцієнтом звукопоглинання в межах частот 31,5–8000 Гц чи інші матеріали аналогічного призначення, дозволені органами державного санітарно-епідеміологічного нагляду за оформленням приміщень. Крім того, необхідно застосовувати підвісні стелі з аналогічними властивостями.

§ 12.5. Вимоги до вентиляції, опалення й кондиціонування

Для нормальної роботи з ПК необхідно забезпечити відповідний мікроклімат (табл. 12.1 і 12.2).

Таблиця 12.1

Нормовані параметри мікроклімату для приміщень із ПК

Період року	Категорія робіт	Температура повітря, °С	Відносна вологість, %	Швидкість руху
Холодний	Легка – 1а	22...24	40...60	0,1
	Легка – 1б	21...23	40...60	0,1
Теплий	Легка – 1а	23...25	40...60	0,1
	Легка – 1б	22...24	40...60	0,2

З метою підтримування допустимих значень мікроклімату й концентрації позитивних і негативних іонів, необхідно передбачити пристрої і прилади зволоження і / чи штучної іонізації, кондиціонування повітря; використовувати кондиціонери й іонізатори.

Таблиця 12.2

Рівні іонізації повітря приміщень при роботі на ПК

Рівні	Кількість іонів у 1 $см^3$ повітря	
	n +	n -
Мінімально необхідний	400	600
Оптимальний	1500...3000	3000...5000
Максимально допустимий	50 000	50 000

За відсутності світильників із ВЧ ПРА лампи багатоламповних світильників або розташовані поруч світильники загального освітлення необхідно підключати до різних фаз трифазної мережі.

Рівень освітленості на робочому столі в зоні розміщення документів повинен бути в межах 300–500 лк. Якщо забезпечити системою загального освітлення даний рівень освітленості неможливо, то допускається застосування світильників місцевого освітлення. При цьому не повинно бути відблисків на поверхні екрана і збільшення освітленості екрана більш як на 300 лк.

Світильники місцевого освітлення повинні мати напівпрозорий відбивач світла із захисним кутом не менше 40°.

Необхідно передбачити обмеження прямого блиску від джерел природного і штучного освітлення. При цьому яскравість світних поверхонь (вікна, джерела штучного світла), що перебувають у полі зору, не повинна перевищувати 200 кд/м^2.

Відбитий блиск необхідно обмежувати шляхом правильного вибору типів світильників і раціональним розміщенням робочих місць щодо джерел природного і штучного освітлення. При цьому яскравість відблисків на екрані відеотермінала не повинна перевищувати 40 кд/м^2, яскравість стелі при застосуванні системи відбитого освітлення — 200 кд/м^2.

Необхідно обмежувати нерівномірність розподілу яскравості в полі зору осіб, які працюють з відеотерміналом. При цьому співвідношення значень яскравості робочих поверхонь не повинно перевищувати 3:1, а робочих поверхонь і навколишніх предметів (стіни, устаткування) — 5:1.

Необхідно використовувати систему вимикачів, що дає змогу регулювати інтенсивність штучного освітлення залежно від інтенсивності природного, а також освітлювати тільки необхідні для роботи зони приміщення.

З метою забезпечення нормативних значень освітленості в приміщеннях з комп'ютерами необхідно очищати шибки і світильники не рідше двох разів на рік і вчасно замінювати перегорілі лампи.

§ 12.4. Вимоги до рівнів шуму й вібрації

Загальні вимоги щодо захисту від шуму й вібрації викладено в розділі 8. Рівні вібрації у виробничих приміщеннях із ПК не повинні перевищувати допустимих значень, зазначених у СН 3044-84 «Санітарні вібрації робочих місць», затверджених Міністерством охорони здоров'я СРСР, і ДС 3.3.2-007-98.

Як засоби поглинання шуму повинні застосовуватися негорючі або важкогорючі спеціальні перфоровані плити, панелі, мінеральна вата з максимальним коефіцієнтом звукопоглинання в межах частот 31,5–8000 Гц чи інші матеріали аналогічного призначення, дозволені органами державного санітарно-епідеміологічного нагляду за оформленням приміщень. Крім того, необхідно застосовувати підвісні стелі з аналогічними властивостями.

§ 12.5. Вимоги до вентиляції, опалення й кондиціонування

Для нормальної роботи з ПК необхідно забезпечити відповідний мікроклімат (табл. 12.1 і 12.2).

Таблиця 12.1

Нормовані параметри мікроклімату для приміщень із ПК

Період року	Категорія робіт	Температура повітря, °С	Відносна вологість, %	Швидкість руху
Холодний	Легка – 1а	22...24	40...60	0,1
	Легка – 1б	21...23	40...60	0,1
Теплий	Легка – 1а	23...25	40...60	0,1
	Легка – 1б	22...24	40...60	0,2

З метою підтримування допустимих значень мікроклімату й концентрації позитивних і негативних іонів, необхідно передбачити пристрої і прилади зволоження і / чи штучної іонізації, кондиціонування повітря; використовувати кондиціонери й іонізатори.

Таблиця 12.2

Рівні іонізації повітря приміщень при роботі на ПК

Рівні	Кількість іонів у 1 $см^3$ повітря	
	n +	n -
Мінімально необхідний	400	600
Оптимальний	1500...3000	3000...5000
Максимально допустимий	50 000	50 000

§ 12.6. Вимоги до рівня неіонізуючого електромагнітного випромінювання, електростатичних і магнітних полів

Рівні електромагнітного випромінювання і магнітних полів повинні відповідати вимогам ГОСТу 12.1.006 «ССБТ. Електромагнітні поля радіочастот. Допустимі рівні на робочих місцях і вимоги до проведення контролю», СН № 3206-85 «Гранично допустимі рівні магнітних полів частотою 50 Гц» і ДСанПіН 3.3.2-007-98.

Рівні інфрачервоного випромінювання не повинні перевищувати граничних.

Потужність експозиційної дози рентгенівського випромінювання на відстані 0,05 м від екрана і корпуса монітора при будь-яких положеннях регулювальних пристроїв відповідно до Норм радіаційної безпеки України (НРБУ-97), затверджених постановою державного санітарного лікаря Міністерства охорони здоров'я України від 18.08.1997 р. за № 58, не повинна перевищувати 7,74·10-12 А/кг, що відповідає еквівалентній дозі 0,1 мбер/год (100 мкР/год).

Відповідно до ГОСТу 12.1.005-88 вміст озону в повітрі робочої зони не повинен перевищувати 0,1 мг/м^3, вміст пилу — 4 мг/м^3.

§ 12.7. Вимоги до електробезпеки

Загальні вимоги до безпечної експлуатації електроустаткування викладено в розділі 3.

Лінія електромережі для живлення ПК, периферійних пристроїв ПК та устаткування для обслуговування, ремонту й налагодження ПК облаштовується як окрема групова трипровідна мережа шляхом прокладання фазового, нульового робочого і нульового захисного провідників. Нульовий захисний провідник використовується для заземлення (занулення) електроприймачів.

Використання нульового робочого провідника як нульового захисного провідника забороняється.

Нульовий захисний провідник прокладається від стійки групового розподільного щита або розподільного пункту до розеток.

Штепсельні з'єднання й електророзетки для напруги 12 В і 36 В за своєю конструкцією повинні відрізнятися від штепсельних з'єднань для напруги 127 В і 220 В.

У приміщенні, де одночасно експлуатується або обслуговується більш як п'ять персональних ПК, на видному і доступному місці встановлюється аварійний резервний вимикач, який може повністю вимикати електричне живлення приміщення, за винятком освітлення.

Штепсельні з'єднання й електророзетки, крім контактів фазового і нульового робочого провідників, повинні мати спеціальні контакти для підключення нульового захисного провідника. Конструкція їх повинна бути такою, щоб приєднання нульового захисного провідника відбувалося раніше, ніж приєднання фазового й нульового робочого провідників. Порядок роз'єднання при вимкненні повинен бути зворотним. Необхідно унеможливити з'єднання контактів фазових провідників з контактами нульового захисного провідника.

Неприпустиме підключення ПК, їх периферійних пристроїв та устаткування для обслуговування, ремонту й налагодження ПК до звичайної двопровідної електромережі, у тому числі з використанням перехідних пристроїв.

§ 12.8. Вимоги до устаткування

Таблиця 12.3
Вимоги до відеотерміналів (моніторів)

Найменування параметра	Значення параметра
Яскравість знака (яскравість фону), кд/м^2	від 35 до 120
Зовнішня освітленість екрана, лк	від 100 до 250
Контраст (для монохромних зображень)	від 3:1 до 1,5:1
Нерівномірність яскравості в робочій зоні екрана	не більше, ніж 1,7:1
Відхилення форми робочої зони екрана від прямокутності: - по горизонталі і вертикалі - по діагоналі	 не більше 2 % не більше 4 % відношення суми коротких сторін до суми довгих
Різниця довжин рядків або стовпчиків	не більше 2 % від середнього значення
Розмір мінімального елемента зображення (пікселя) для монохромних зображень, мм	0,3
Допустима тимчасова нестабільність зображення (миготіння)	не повинна фіксуватися в 90 % спостерігачів
Відбивна здатність, дзеркальне і змішане відбиття (відблиск), % (допускається виконання вимог при використання приекранного фільтра)	не більше 1

Закінчення таблиці 12.3

Найменування параметра	Значення параметра
Відношення ширини знака до його висоти для великих букв	від 0,7 до 0,9
Мінливість розміру знака	не більше 5 % висоти
Ширина лінії контура знака	0,15–0,1 висоти знака
Модуляція відносно яскравості растра: - для монохромних зображень - для багатоколірних зображень	 не більше, ніж 0,4 не більше, ніж 0,7
Відстань між рядками	не менше ширини контура знака або одного елемента зображення

§ 12.9. Вимоги до організації робочого місця користувача ПК

Загальні ергономічні вимоги до організації робочого місця викладено в розділі 4. Тут же розглянемо тільки їх особливості.

Площа, виділена для одного робочого місця з відеотерміналом або персональним ПК, повинна становити не менш як 6 м^2, а об'єм — не менш як 20 м^3.

Робочі місця з відеотерміналами (моніторами) відносно світлових прорізів (вікон) повинні розміщуватися так, щоб природне світло падало збоку, переважно зліва.

Облаштовуючи робочі місця з персональними комп'ютерами, необхідно дотримуватися таких вимог:

- робочі місця з персональними комп'ютерами розміщуються на відстані не менше 1 м від стін зі світловими прорізами (вікнами);
- відстань між бічними поверхнями відеотерміналів повинна бути не меншою за 1,2 м;
- відстань між тильною поверхнею одного відеотермінала й екраном іншого не повинна бути меншою за 2,5 м;
- прохід між рядами робочих місць повинен бути не вужчим, ніж 1 м.

Вимоги цього пункту щодо відстані між бічними поверхнями відеотерміналів і відстані між тильною поверхнею одного відеотермінала й екраном іншого враховуються також при розміщенні робочих місць з персональними комп'ютерами в суміжних приміщеннях (з урахуванням конструктивних особливостей стін і перегородок).

Облаштування робочого місця користувача комп'ютера (при роботі сидячи) повинно забезпечувати підтримання оптимальної робочої пози з такими ергономічними характеристиками: ступні — на підлозі або на підставці для ніг; стегна — у горизонтальній площині; передпліччя — вертикальні; лікті — під кутом 70…90° до вертикальної площини; зап'ястя зігнуті під кутом не більше 20° відносно горизонтальної площини, нахил голови — 15…20° від вертикалі.

Висота робочої поверхні столу для монітора повинна знаходитися в межах 680…800 мм, а ширина — забезпечувати можливість виконання операцій у зоні досяжності рук.

Рекомендовані розміри столу: висота — 725 мм, ширина — 600…1400 мм, глибина — 800…1000 мм.

Робочий стіл для персонального комп'ютера повинен мати простір для ніг висотою не менше 600 мм, шириною не менше 500 мм, глибиною на рівні колін не менше 450 мм, на рівні витягнутої ноги — не менш 650 мм.

Робочий стіл для відеотермінала, як правило, повинен бути обладнаний підставкою для ніг шириною не менше 300 мм і глибиною не менше 400 мм, з можливістю регулювання по висоті в межах 150 мм і кута нахилу опорної поверхні — у межах 20°. Підставка повинна мати рифлену поверхню і бортик на передньому краї висотою 10 мм.

Робоче сидіння користувача ПК повинно бути підйомно-поворотним та регулюватися по висоті, куту нахилу сидіння і спинки, по відстані спинки від переднього краю сидіння та по висоті підлокітників.

Регулювання кожного з наведених параметрів повинно бути незалежним, плавним чи ступінчастим; усі частини сидіння повинні мати надійну фіксацію.

Зусилля при регулюванні не повинні перевищувати 20 Н.

Ширина і глибина сидіння не повинні бути меншими ніж 400 мм. Висота поверхні сидіння повинна регулюватися в межах 400…500 мм, а кут нахилу поверхні — від 15° уперед до 5° назад.

Для зменшення статичної напруги м'язів рук необхідно застосовувати стаціонарні чи зйомні підлокітники довжиною не менше 250 мм та завширшки 50…70 мм, що регулюються по висоті над сидінням у межах 230±30 мм і по відстані між підлокітниками в межах 350…500 мм.

Поверхні сидіння, спинки і підлокітників повинні бути напівм'які, з неслизьким повітропроникним покриттям, що не електризується та легко оищається від бруду.

Екран монітора і клавіатура повинні розташовуватися на оптимальній відстані від очей користувача, але не ближче 600 мм, з урахуванням розміру алфавітно-цифрових знаків та символів.

Відстань від екрана до очей працівника повинна становити залежно від розміру екрана по діагоналі: 35/38 см (14"/15") — 600…700 мм; 43 см (17") — 700…800 мм; 48 см (19") — 800…900 мм; 53 см (21") — 900…1000 мм.

Розташування екрана монітора повинно забезпечувати зручне зорове спостереження — під кутом ±30 у вертикальній площині відносно напрямку погляду працівника.

Клавіатуру слід розміщувати на поверхні столу чи на спеціальній, регульованій по висоті, окремій від столу робочій поверхні на відстані 100…300 мм від його краю з боку працівника. Кут нахилу клавіатури повинен бути у межах 5…15.

Робоче місце з ПК бажано обладнати легко переміщуваним пюпітром (тримачем для документів). Пюпітр повинен бути рухливим і встановлюватися вертикально (чи з нахилом) на тих же рівні і відстані від очей користувача ПК, що і монітор.

Розміщення принтера чи іншого пристрою введення-виводу інформації на робочому місці повинно забезпечувати гарний огляд екрана монітора, зручність керування пристроєм введення-виводу інформації в зоні досяжності рук (по висоті 900…1300 мм, по глибині 400…500 мм).

§ 12.10. Режим праці та відпочинку

При роботі з ПК режим праці та відпочинку встановлюється залежно від виконуваної роботи відповідно до ДсанПіН 3.3.2-007-98.

Залучення жінок до робіт у нічний час забороняється, крім випадків, обумовлених статтею 175 КЗпП України.

Психологічне розвантаження працівників, що працюють з ПК, повинно відбуватися в спеціально обладнаних приміщеннях (кімнатах психологічного розвантаження) під час регламентованих перерв або наприкінці робочого дня відповідно до методики проведення психофізіологічного розвантаження, яку викладено у додатку 9 до ДсанПіН 3.3.2-007-98.

Принципи правильної роботи на ПК

Принцип 1. Правильна робоча поза.

Протягом усього робочого часу необхідно стежити за тим, щоб тіло займало оптимальне ергономічне положення.

Якщо протягом робочого дня доводиться неодноразово підніматися і знову сідати в крісло, то, встаючи, намагайтеся тримати голову і торс прямо; сідаючи, опускайте тіло легко та м'яко, голова повинна бути спрямована вперед і вгору, шия розслаблена; не «плюхайтеся» усією вагою на крісло — це шкідливо для хребта.

Принцип 2. Правильне дихання та розслаблення.

Завдяки регулярному глибокому диханню і розслабленню можна зберегти розумову активність, добре самопочуття та чіткість думки при роботі на комп'ютері протягом тривалого часу. Неглибокий, нерегулярний подих, його затримка та перебої частоти й ритму спостерігаються в критичних ситуаціях, при концентрації зусиль, при поганому настрої; також вони є ознакою напруженої розумової діяльності. Однак необхідно пам'ятати, що такі зміни дихання зменшують ефективність роботи мозку, ведуть до напруження та втоми і шкодять усьому організму. Дихайте регулярно та вільно. Навчіться розслаблюватися.

Коли Ви сидите, уважно стежте за тим, щоб тіло залишалося в розслабленому стані, особливо — чоло (брови), шия, спина.

Зберігайте розслабленими плечі та руки. Якщо під час роботи Ви відчуваєте напруженість будь-якої частини тіла, то постарайтеся зробити глибокий вдих і одночасно напружити цю частину тіла так сильно, як тільки можете, після чого затримайте дихання на 3–5 с. Видихаючи, розслабтеся. Повторюйте у міру необхідності.

Принцип 3. Правильна організація роботи зорового апарату.

Щоб під час роботи на ПК уникнути втоми очей, необхідно виконувати такі рекомендації:

1. Кліпайте віями кожні 3–5 с. Кліпання є природним способом зволоження й очищення поверхні ока. Кліпання захищає Ваші очі від неприємних відчуттів і зберігає ясність погляду. Також воно призводить і до розслаблення лицьових м'язів. Однак багато людей не мають звички часто моргати. Навпаки, під час інтенсивної розумової діяльності вони ширше розкривають очі і майже зовсім перестають кліпати. Зменшення частоти кліпання призводить до печії в очах, їх почервоніння. Особливо це відчувають люди, які носять контактні лінзи.

Як правильно кліпати:

- стежите, щоб рухалися тільки повіки і в жодному разі — чоло чи обличчя;
- кліпайте без зусиль, з'єднання верхніх і нижніх повік повинно бути м'яким;
- зберігайте брови у розслабленому стані.

2. Намагайтеся під час роботи бачити не тільки екран. Ваш погляд повинен бути «відкритим». Це означає, що, навіть уважно вдивляючись у екран, ви повинні бачити навколишні предмети: стіл, стіни, людей. Використання периферійного зору значно зменшує ризик виникнення візуального стресу, фізичної та розумової утоми. Периферійний зір можна розвивати шляхом ідентифікації різних предметів зліва та зправа, у той час як погляд спрямовано прямо вперед.
3. Частіше дивіться вдалину. Тривале фокусування очей на екрані дисплея приводить до втоми, напруженості, і, як наслідок, до захворювань очей. Відсутність

короткочасного перепочинку для очей — головна причина виникнення короткозорості у користувачів ПК. Не чекайте, коли з'явиться біль в очах і туман перед ними, краще виробляйте звичку робити маленькі перепочинки для очей.

Принцип 4. Дотримання режиму праці.

Якщо це можливо, витримуйте режим роботи, встановлений санітарними нормами. Короткі, але регулярні перерви дозволяють мінімізувати негативний вплив комп'ютера на користувача і підтримувати високу працездатність протягом усього дня.

Принцип 5. Виконання вправ оздоровчо-профілактичного комплексу.

Міжнародні конференції, присвячені роботі з дисплеями, показали широкий розмах досліджень у сфері безпечного використання комп'ютерної техніки. Виконання користувачами ПК комплексів елементарних оздоровчих і профілактичних вправ істотно знижує зорову напругу, втому пальців рук та всього організму, поліпшує функціонування серцево-судинної і центральної нервової систем.

§ 12.11. Вимоги до виробничого персоналу

Усі працівники, що виконують роботи, пов'язані з експлуатацією, обслуговуванням та ремонтом ПК, мають проходити обов'язкові медичні огляди — попередній при оформленні на роботу й періодичні огляди протягом трудової діяльності — у порядку, з періодичністю і медичними протипоказаннями відповідно до «Положення про медичний огляд працівників певних категорій», затвердженого наказом Міністерства охорони здоров'я України від 31.03.1994 р. за № 45 і зареєстрованого у Міністерстві юстиції України 21.06.1994 р. за № 136/345, а також ДСанПіН 3.3.2-007-98.

Посадові особи і фахівці, які мають справу з організацією та виконанням робіт, пов'язаних з експлуатацією, профілактичним обслуговуванням і ремонтом ПК, проходять підготовку (підвищення кваліфікації), перевірку знань з охорони праці, з «Правил і питань пожежної безпеки». Також вони проходять інструктажі згідно з порядком, передбаченим Типовим положенням про навчання з питань охорони праці, затвердженим наказом Держнаглядохоронпраці 17.02.1999 р. за № 27 та зареєстрованим у Міністерстві юстиції України 21.04.1999 р. за № 248/3541, Типовим положенням про спеціальне навчання, інструктажі та перевірку знань із питань пожежної безпеки на підприємствах, в установах і організаціях України, а також Переліком посад, при призначенні на які особи зобов'язані проходити навчання і перевірку знань з питань пожежної безпеки, і порядком його організації, затвердженим наказом МВС України від 17.11.1994 р. за № 628 та зареєстрованим у Міністерстві юстиції України 22.12.1994 р. за № 307/517.

Працівники, що виконують роботи з профілактичного обслуговування та ремонту ПК при включеному електричному живленні та інші роботи, передбачені Переліком робіт з підвищеною небезпекою, затвердженим наказом Держнаглядохоронпраці від 30.11.1993 р. за № 123 та зареєстрованим у Міністерстві юстиції України від 23.12.1993 р. за № 196, зобов язані проходити попереднє спеціальне навчання й один раз на рік — перевірку знань відповідних нормативних актів із охорони праці.

Допуск до роботи осіб, що не пройшли у встановленому порядку навчання, інструктажу і перевірки знань із охорони праці та пожежної безпеки, забороняється.

До робіт по обслуговуванню та ремонту ПК допускаються особи, що мають кваліфікацію з електричної безпеки не нижче III групи.

Працівники, що виконують роботи з експлуатації, обслуговування та ремонту ПК, відповідно до статті 10 Закону України «Про охорону праці» забезпечуються належними засобами індивідуального захисту відповідно до діючих нормативів.

Контрольні запитання

1. *Які основні вимоги до освітлення, рівнів шуму та вібрації в офісі?*
2. *Які вимоги з електричної безпеки висуваються до устаткування в офісі?*
3. *Які вимоги до розміщення комп'ютерів в офісних приміщеннях?*
4. *Якої тривалості повинні бути перерви при роботі за комп'ютером?*
5. *Як правильно організувати робоче місце користувача ПК?*

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. *Конституція України. — К., 1996.*
2. *Закон Украины «Об охране труда» // «Охрана труда». — 2003. — № 1.*
3. *Законодательство Украины об охране труда: Сб. нормативных документов в 4-х томах. — К.: Основа, 1995.*
4. *Закон Украины «О пожарной безопасности» // Ведомости Верховного Совета Украны. — 1994. — № 5.*
5. *Кримінальний Кодекс України. — К., 2001.*
6. *Кодекс Законов о труде Украины. — К.: Праця, 1995.*
7. *Кодекс Украины об административных правонарушениях. — Харьков: «Консум», 1995.*
8. *Державні санітарні норми: правила захисту населення від впливу електромагнітних випромінювань. — К., 1996. — 28 с. (Затверджено наказом МОЗ України від 01.08.96 р. № 239.)*
9. *Положение о порядке расследования и ведении учета несчастных случаев, профессиональных заболеваний и аварий на производстве // Все о бухгалтерском учете. — 2001. — № 83.*
10. *Правила пожежної безпеки в Україні. — К.: Основа, 2002.*
11. *Алексеева И. С., Норкина Ю. И. Гигиена и безопасность труда при электросварочных и плазменных работах в судостроении. — Л.: Судостроение, 1984.*
12. *Боград В. М., Коваль В. И., Скороходов В. А. Охрана труда в судостроении: Уч. пособ. — СПб.: Судостроение, 1992.*
13. *Гайдуков Н. С. Пожарная безопасность промышленных зданий. — К.: Будівельник, 1972.*

14. *Геврик Є. Охорона праці: Навч. посіб. — К.: Ельга; Ніка-Центр, 2003.*
15. *Гримитлин М. И., Тимофеева О. Н., Эльтерман Э. М., Эльянов Л. С. Вентиляция и отопление судостроительных заводов. — Ленинград: Судостроение, 1978.*
16. *Демирчоглян Г. Г. Компьютер и здоровье. — М.: Лукоморье, 1997.*
17. *Денисенко В. В., Точилкин В. Г. Пожарная безопасность в строительстве. — К.: Будівельник, 1987.*
18. *Довгань Л. Є. Праця керівника або практичний менеджмент: Навч. посіб. — К.: «Екс Об», 2002.*
19. *Долин П. А. Справочник по технике безопасности. — М.: Энергоатомиздат, 1984.*
20. *Долин П. А. Основы техники безопасности в электроустановках. — М.: Энергоиздат, 1984.*
21. *Желібо Є. П. Основи охорони праці: Підруч. — К.: Кондор, 2003.*
22. *Желібо Є. П., Заверуха Н. М., Зацарний В. В. Безпека життєдіяльності / За ред. Є. П. Желібо. — К.: Каравела, 2003.*
23. *Жидецький В. І., Джигарей В. С., Мельников О. В. Основи охорони праці. — Львів: Афіша, 2000.*
24. *Карпова Н. И., Малышев Э. Н. Низкочастотные акустические колебания на производстве. — М.: Медицина, 1984.*
25. *Коваль В. И., Нейков О. Д., Алексеев А. Г. Микрометрический метод определения дисперсного состава порошков. Авторское свидетельство № 239654. — 1969. — Бюл. № 4.*
26. *Коваль В. И., Табунщиков А. М., Шустик А. Г. Опыт использования местной вентиляции при сварке в среде CO_2 // Технология судостроения. — 1990. — № 4. — С. 51–54.*
27. *Козьяков А. Ф., Морозова Л. Л. Охрана труда в машиностроении. — М.: Машиностроение, 1990.*
28. *Контроль шума в промышленности: Пер. с англ. — Ленинград: Судостроение, 1981.*
29. *Кошуба В. А., Акифеев С. А. Сравнительная характеристика условий труда и заболеваемости с временной утратой трудоспособности рабочих лазерного и сверлильного цехов на заводе точных технических приборов: Гигиенические аспекты охраны здоровья населения // Сб. науч. тр. моск. науч.-исслед. ин-та гигиены им. Эрисмана. — М., 1977. — С. 122–125.*

30. *Кузьменко В. К. Охрана труда в судостроении: Учеб. — Ленинград: Судостроение, 1990.*
31. *Лошаков К. А. Техника безопасности при эксплуатации грузоподъемных машин. — М.: Стройиздат.*
32. *Манойлов В. Е. Основы электробезопасности. — М.: Энергия, 1971.*
33. *Мигай К. В. Гигиена и безопасность труда при электросварочных работах в судостроении. — Ленинград: Судостроение, 1975.*
34. *Организация и обеспечение охраны труда на предприятии. — Николаев: Возможности Киммерии, 1998.*
35. *Основи охорони праці: Навч. посіб. / За ред. М. П. Купчика, М. П. Ганорюка. — К.: Основа, 2000.*
36. *Охорона праці в Україні. — К.: Кондор, 2004.*
37. *Охорона праці в школі / Упорядник Н. Мурашко. — К.: Редакції загальнопедагогічних газет, 2003.*
38. *Охрана труда и социальное страхование. — 1989. — № 11. — С. 5.*
39. *Охрана труда. Экспресс-информация: Серия «Зарубежный опыт». — М.: ВНИИНОТ, 1986–1990.*
40. *Павлов А. Р. Компьютер, TV и здоровье. Решение проблем. — К.: Основа, 2003.*
41. *Планирование условий труда / Под ред И. Г. Чумаченко, А. И. Амосина. — К.: Наукова думка, 1983.*
42. *Рожков А. П. Пожежна безпека. — К.: Пожінформація, 1999.*
43. *Справочник по прикладной эргономике: Пер. с англ. / Под ред. В. М. Мануилова. — М.: Машиностроение, 1980.*
44. *Щербина Я. Я. Основы противопожарной техники. — К.: Вища школа, 1977.*
45. *Шаповалов М. И. Основи стандартизації, управління якістю і сертифікації. — К.: Вид-во Європейського університету, 2002.*
46. *Ярошевська В. М. Охорона праці в галузі: Навч. посіб. Рекомендовано МОН України. — К.: ВД «Професіонал», 2004.*

ДОДАТКИ

Додаток 1

до Положення про розслідування й облік нещасних випадків, професійних захворювань та аварій на підприємствах, в установах і організаціях

ЗАТВЕРДЖУЮ

_____

(підпис власника чи уповноваженої ним особи)

_____

(посада, прізвище, ім'я, по батькові)

«____» _____ 200_р.

(печатка підприємства)

АКТ № _____
про нещасний випадок

_____

_____

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Дата й час, коли трапився нещасний випадок

(число, місяць, рік)

_____

(годин, хвилин)

2. Підприємство (установа, організація), де працює потерпілий

_____

(найменування)

2.1. Адреса підприємства, де працює потерпілий:
Автономна республіка Крим, область, _____
Район _____
населений пункт _____

2.2. Форма власності _____

2.3. Міністерство, орган, до сфери управління якого належить підприємство _____

2.4. Назва та адреса підприємства, де трапився нещасний випадок _____

_____

2.5. Цех, дільниця, _____
місце нещасного випадку _____

3. Відомості про потерпілого:

3.1. Стать: чоловіча, жіноча _____

3.2. Число, місяць, рік народження _____

3.3. Професія (посада) _____
розряд (клас) _____

3.4. Стаж роботи загальний _____

3.5. Стаж роботи за професією (посадою), під час роботи за якою трапився нещасний випадок _____

4. Проведення навчання та інструктування із охорони праці потрепілого:

4.1. Навчання за професією чи видом робіт, під час виконання яких трапився нещасний випадок _____

(число, місяць, рік)

Проведення інструктажів:

4.2. Вводного _____

(число, місяць, рік)

4.3. Первинного _____

(число, місяць, рік)

4.4. Повторного _____

(число, місяць, рік)

4.5 Цільового _____

(число, місяць, рік)

4.6. Перевірка знань із професії чи виду роботи, під час виконання яких трапився нещасний випадок (для робіт підвищеної небезпеки)_____

(число, місяць, рік)

5. Проходження медоглядів:

5.1. Попередній_____

5.2. Періодичний _____

6. Обставини, за яких трапився нещасний випадок _____

_____

6.1. Вид випадку_____

6.2. Шкідливий фактор та його значення _____

7. Причини нещасного випадку_____

_____

8. Устаткування, машини, механізми, транспортні засоби, експлуатація яких призвела до нещасного випадку _____

(найменування, тип, марка, рік випуску, підприємство-виготовлювач)

_____

9. Медичний висновок про пошкодження здоров'я потерпілого _____

9.1. Перебування потерпілого у стані алкогольного або наркотичного сп'яніння _____

(так, ні)

10. Особи, що припустились порушення законодавства про охорону праці:

_____

(прізвище, ім'я, по батькові, професія, посада,

_____

порушені вимоги законодавчих та інших

_____ ДНАОП

нормативних актів про охорону праці – статті, параграфи, пункти та т.ін.)

11. Свідки нещасного випадку_____

(прізвище, ім'я, по батькові,

_____

постійне місце проживання)

12. Заходи з усунення причин нещасного випадку

№	Найменування заходів	Строк виконання	Виконавець	Відмітки про виконання

Голова комісії

_____ _____ _____

(посада) (підпис) (прізвище, ініціали)

Члени комісії _____ _____ _____

(посада) (підпис) (прізвище, ініціали)

«_____»_____200__р.

Пояснення
по заповненню акта за формою Н-1 про нещасний випадок, що відбувся під час виконання трудових обов'язків на підприємстві, в установі, організації

Акт складається з текстової і кодової частин, що заповнюються відповідно до загальноприйнятих (установлених) строків із використанням міжгалузевих, галузевих і спеціально розроблених класифікаторів.

Коди потрібно вносити в прямокутники, розташовані з правого боку сторінки акта.

Кодування актів за формою Н-1, складених про нещасні випадки зі смертельним результатом, є обов'язковим, в інших випадках — за вказівкою органа, до сфери керування якого належить підприємство.

Пункт 1. У першому рядку число і місяць кодуються відповідно до їхніх порядкових номерів, а рік — двома останніми цифрами. Наприклад:

1 грудня 1998 року кодується — | 0 | 1 | 1 | 2 | 9 | 8 |.

В другому рядку вказується і кодується час, коли стався нещасливий випадок, наприклад:

22 години 30 хвилин — | 2 | 2 | 3 | 0 |.

Пункт 2. Кодується відповідно до загального міжгалузевого класифікатора підприємств і організацій (ОКПО).

Підпункт 2.1. Кодується адреса підприємства відповідно до класифікатора «Система позначень об'єктів адміністративно-територіального устрою населених пунктів 1.73.002 (СОАТО)», т. 1,2.

Підпункт 2.3. Кодується відповідно до загального міжгалузевого класифікатора «Система позначення органів державного керування (СООГУ) 1.74.001»

Підпункт 2.5. Назва цеху, дільниці кодується відповідно до галузевого класифікатора (кодифікатора), а там, де його немає, назва цеху, дільниці повинна наводитися відповідно до затвердженого переліку підрозділів підприємства.

Примітка. Коди до пункту 2 і підпункту 2.1. — постійні для кожного підприємства і визначаються один раз відповідно до ОКПО і СОАТО.

Підпункт 3.1. Стать кодується: 1 — чоловіча, 2 — жіноча. Наприклад:

чоловіча — | 1 |.

Підпункт 3.2. Указується число, місяць і рік народження, а кодується кількість повних років потерпілого на момент настання нещасливого випадку. Наприклад:

45 років — | 45 |.

Підпункт 3.3. Професія (посада), розряд (клас) записуються та кодуються відповідно до Класифікатора професій, розробленого Мінпраці і затвердженого Держстандартом.

У випадку, якщо потерпілий має кілька професій, указується та, під час роботи за якою стався нещасний випадок.

Підпункти 3.4. і 3.5. Указуючи стаж роботи, а саме — загальний за основною професією (посадою), на яку оформлений потерпілий, або за виконуваною роботою, під час якої стався нещасний випадок, указується і кодується кількість повних років стажу на момент настання нещасного випадку.

Наприклад:

20 років	20
15 років	15
5 років	5

Якщо стаж менше року, то в текстовій частині вказується кількість місяців (днів), а кодується — 00.

Наприклад:

9 місяців 2 дні — 00 .

Пункт 4. Заповнюється відповідно до Типового положення про навчання, інструктаж та перевірку знань працівників з питань охорони праці.

Кодування здійснюється, як і в пункті 1, шестизначними кодами — число, місяць, рік.

Наприклад: 04.12.95 — дата проведення (завершення) навчання за професією, ввідного, первинного, повторного чи цільового інструктажів, останньої перевірки знань із охорони праці. У випадку невиконання будь-якої позиції навпроти неї ставляться нулі — 0 4 1 2 9 5 .

або 00

Пункт 5. Заповнюється відповідно до Положення про медичний огляд працівників визначених категорій, затвердженим наказом Мінздраву. Кодування здійснюється, як і в пункті 1, шестизначними кодами — число, місяць, рік.

Пункт 6. Під час опису обставин нещасного випадку дається коротка характеристика умов праці та дій потерпілого, викладається послідовність подій, що відбувалися перед настанням випадка, описується, як відбувався процес праці, а також указується, хто керував роботою чи організовував її.

Підпункт 6.1. Вид події. Заповнюється і кодується відповідно до поданого нижче класифікатора — підрозділ 1.

Підпункт 6.2. Шкідливий фактор та його значення. Заповнюється і кодується відповідно до класифікатора № 6 МОЗ.

Пункт 7. Причини нещасного випадку. Указуються й кодуються дві причини нещасного випадку відповідно до зазначеного нижче класифікатора — підрозділ II. Причини нещасного випадку — основна (кодується першою) та супутня.

Інші причини нещасного випадку вказуються в акті лише у текстовій частині.

Пункт 8. Устаткування кодується відповідно до класу і підкласу вищих класифікаційних груп ОКП (ВКГОКП). Основні класи та підкласи з класифікатора ОКП (ВКГОКП) наведені в класифікаторі — підрозділ II. Устаткування, машини, механізми, транспортні засоби, експлуатація яких призвела до нещасного випадку.

Наприклад: верстати металорізальні — $\frac{381}{}$.
устаткування гірничошахтне — $\frac{314}{}$.

Найменування устаткування в текстовій частині повинно бути вказаним повністю, без скорочення. Міністерства, інші центральні органи виконавчої влади, підприємства за необхідністю можуть давати повне кодове галузеве позначення устаткування (машин) за ОКП.

Пункт 9. Указується діагноз ушкодження здоров'я згідно з листком непрацездатності чи довідкою лікувально-профілактичної установи. Кодується відповідно до форми № 23-ТН «Звіт про причини тимчасової непрацездатності».

Підпункт 9.1. У випадку перебування потерпілого в стані алкогольного чи наркотичного сп'яніння кодується.

Запис робиться на підставі висновку, складеного лікарем, що оглядав потерпілого.

Пункт 10. Указуються посадові особи та працівники, у тому числі й потерпілий, що припустились порушення законодавчих та інших нормативних актів про охорону праці, чиї дії або бездіяльність стали основною чи супутньою причиною нещасного випадку (відповідно до пункту 7).

У випадку, якщо порушення допущене працівниками іншого підприємства чи приватною особою, це вказується в даному пункті.

Законодавчі і нормативні акти про охорону праці кодуються відповідно до Державного реєстру міжгалузевих і галузевих нормативних актів про охорону праці.

Пункт 12. Указується кожен захід окремо. Не слід вносити в цей пункт накладання стягнень.

Класифікатор ОКП (ВКГОКП)

I. Вид події, що призвела до нещасного випадку.

01 — дорожньо-транспортний випадок, у тому числі:
01.1 — наїзд транспортних засобів;
02 — падіння потерпілого, у тому числі:
02.1 — падіння потерпілого під час пересування;
02.2 — падіння потерпілого з висоти;
02.3 — падіння потерпілого в колодязі, ємності, ями і т. ін.;
03 — падіння, обрушення, обвал предметів, матеріалів, породи, ґрунту і т. ін.;
03.1 — обрушення, обвал будівель, споруд і їхніх елементів;

03.2 — обвал та обрушення породи, ґрунту і т. ін.;
04 — дія предметів і деталей, що рухаються, розлітаються, обертаються, у тому числі:
04.1 — дія деталей устаткування, машин і механізмів, що рухаються й обертаються;
04.2 — дія предметів, що розлітаються в результаті вибуху або руйнування приладів, посудин, що знаходяться під тиском, у вакуумі;
05 — ураження електричним струмом, у тому числі:
05.1 — при дотику до ЛЕП та обірваних дротів;
06 — дія екстремальних температур (крім пожеж);
07 — дія шкідливих і токсичних речовин;
08 — дія іонізуючого випромінювання;
09 — фізичні перевантаження;
10 — нервово-психічні перевантаження;
11 — ушкодження внаслідок контакту з тваринами, комахами й іншими представниками флори і фауни;
12 — утоплення;
13 — асфіксія;
14 — навмисне вбивство чи травма, заподіяна іншою особою;
15 — стихійне лихо;
16 — пожежа;
17 — вибух;
18 — інші.

II. Причини нещасного випадку.

Технічні:

01 — конструктивні недоліки, недосконалість, недостатня надійність засобів виробництва;
02 — конструктивні недоліки, недосконалість, недостатня надійність транспортних засобів;
03 — неякісна розробка чи відсутність проектної документації на будівництво, реконструкцію виробничих об'єктів, будівель, споруд, устаткування і т. ін.;
04 — неякісне виконання будівельних робіт;
05 — недосконалість, невідповідність вимогам безпеки технологічного процесу;
06 — незадовільний технічний стан:
06.1 — виробничих об'єктів, будівель, споруд, території;
06.2 — засобів виробництва;
06.3 — транспортних засобів;
07 — незадовільний стан виробничого середовища.

Організаційні:

08 — незадовільне функціонування, недосконаліть чи відсутність системи управління охороною праці;

09 — недоліки в навчанні безпечним прийомам роботи, у тому числі:

0.9.1 — відсутність чи неякісне проведення інструктажу;

0.9.2 — допуск до роботи без навчання і перевірки знань з охорони праці;

10 — неякісна розробка, недосконаліть інструкцій з охорони праці чи їхня відсутність;

11 — відсутність у посадових інструкціях функціональних обов'язків з питань охорони праці;

12 — порушення режиму роботи і відпочинку;

13 — відсутність чи неякісне проведення медичного обстеження (профвідбору);

14 — невикористання засобів індивідуального захисту через незабезпеченість ними;

15 — виконання робіт з відключеними, несправними засобами колективного захисту, системами сигналізації, вентиляції, освітлення і т. ін.;

16 — залучення до роботи працівників не за фахом (професією);

17 — порушення технологічного процесу;

18 — порушення вимог безпеки при експлуатації устаткування, машин, механізмів і т. ін.;

19 — порушення вимог безпеки при експлуатації транспортних засобів;

20 — порушення правил дорожнього руху;

21 — незастосування засобів індивідуального захисту (при їх наявності);

22 — незастосування засобів колективного захисту (при їх наявності);

23 — порушення трудової і виробничої дисципліни, у тому числі:

23.1 — невиконання посадових обов'язків;

23.2 — невиконання вимог інструкцій з охорони праці.

Психофізіологічні:

24 — алкогольне, наркотичне сп'яніння, токсикологічне отруєння;

25 — низька нервово-психічна стійкість;

26 — погані фізичні дані чи стан здоров'я;

27 — незадовільний „психологічний» клімат у колективі;

28 — травмування внаслідок протиправних дій інших осіб;

29 — інші.

III. Устаткування, машини, механізми, транспортні засоби, експлуатація яких привела до нещасного випадку.

311 — устаткування енергетичне;

313 — устаткування для чорної і кольорової металургії;

314 — устаткування гірничошахтне;
315 — устаткування підйомно-транспортне (крани);
316 — устаткування підйомно-транспортне (конвеєри);
317 — устаткування підйомно-транспортне (крім кранів і конвеєрів);
318 — устаткування і рухомий склад залізниць;
331 — машини електричні малої потужності;
332 — електродвигуни змінного струму потужністю від 0,25 кВт і більше;
334 — електродвигуни вибухозахищені врубово-комбайнові й електробури;
336 — машини електричні постійного струму;
337 — генератори змінного струму, перетворювачі, підсилювачі електро-машинні, електростанції та електроагрегати живлення;
338 — машини електричні великі, агрегати електромашинні, турбо- і гідрогенератори;
341 — трансформатори і трансформаторне устаткування, апаратура високовольтна, силова перетворювальна техніка, прилади силові напівпровідникові, детектори ядерного і нейтронного випромінювання, хімотроніка (електрохімічні перетворювачі інформації);
342 — апарати електричною напругою до 1000 В;
343 — комплектне устаткування напругою до 1000 В;
344 — устаткування спеціальне технологічне, шинопроводи низької напруги;
345 — електротранспорт (крім засобів міського транспорту і моторвагонних потягів), електроустаткування для електротранспорту і підйомно-транспортних машин;
346 — устаткування світлотехнічне і вироби електроустановочні, лампи електричні, вироби культурно-побутового призначення і широкого вжитку;
348 — джерела струму хімічні, фізичні, генератори електрохімічні і термоелектричні;
361 — устаткування хімічне і запасні частини до нього;
362 — устаткування для переробки полімерних матеріалів і запасні частини до нього;
363 — насоси (відцентрові, парові, приводні поршневі);
364 — устаткування кисневе, кріогенне, компресорне, холодильне, для газоплазмової обробки металів, насоси, агрегати вакуумні і високовакуумні, комплектні технологічні лінії, установки й агрегати;
365 — устаткування целюлозно-паперове;
366 — устаткування нафтопромислове, бурове, геологорозвідувальне і запасні частини до нього;
367 — устаткування технологічне й апаратура для нанесення лакофарбового покриття на вироби машинобудування;

368 — устаткування нафтогазопереробне;
381 — верстати металорізальні;
382 — машини ковальсько-пресові (без машин з ручним і ножним приводами);
383 — устаткування деревообробне;
384 — устаткування технологічне для ливарного виробництва;
385 — устаткування для гальванопокриття виробів машинобудування;
386 — устаткування для зварювання тертям, холодного зварювання і допоміжне зварювальне устаткування;
451 — автомобілі;
452 — автомобілі спеціалізовані, автопоїзд, автомобілі-тягачі, кузови-фургони, причепи, тролейбуси, автонавантажувачі, мотоцикли, велосипеди;
472 — трактори;
473 — машини сільськогосподарські;
474 — машини для тваринництва, птахівництва і кормовиробництва;
481 — машини для землерийних і меліоративних робіт;
482 — машини дорожні, устаткування для приготування будівельних сумішей;
483 — устаткування і машини будівельні;
484 — устаткування для промисловості будівельних матеріалів;
485 — устаткування технологічне для лісозаготівельної і торф'яної промисловості, машинобудування комунальне;
486 — устаткування для кондиціонування повітря і вентиляції;
493 — устаткування і пристрої для опалення і гарячого водопостачання;
511 — устаткування технологічне і запасні частини до нього для легкої промисловості;
512 — устаткування технологічне і запасні частини до нього для виробництва хімічного волокна;
513 — устаткування технологічне і запасні частини до нього для харчової, м'ясної, молочної і рибної промисловості;
514 — устаткування технологічне і запасні частини до нього для борошномельних, комбікормових підприємств і зерносховищ;
515 — устаткування технологічне і запасні частини до нього для торгівлі, громадського харчування і харчоблоків, устаткування холодильне і запасні частини до нього, вироби культурно-побутового призначення і господарського побуту;
516 — устаткування поліграфічне і запасні частини до нього;
517 — устаткування технологічне і запасні частини до нього для скло-ситалової промисловості, кабельної промисловості, для розвантаження, розфасовки й пакування мінеральних добрив і ядохімікатів;

525 — устаткування й оснащення спеціальне для ремонту й експлуатації тракторів і сільськогосподарських машин, транспортування і складської переробки вантажів, пуску і налагодження, технічного обслуговування і ремонту машин та устаткування тваринницьких і птахівницьких ферм, а також конструкції, устаткування й оснащення споруд захищеного ґрунту;

945 — устаткування медичне;

947 — устаткування технологічне для медичної промисловості і запасні частини до нього;

968 — устаткування, інвентар і реквізит театрально-видовищних підприємств і закладів культури.

Додаток 2

до Положення про розслідування й облік нещасних випадків, професійних захворювань і аварій на підприємствах, в установах та організаціях

Форма Н-2

Найменування підприємства,

_____

№ і дата відправлення

_____

(Назва організації,

_____

прізвище, ім'я, по батькові

_____

її керівника або особи, яким

_____

направляється повідомлення, адреса)

ПОВІДОМЛЕННЯ

про наслідки нещасного випадку

(гострого професійного захворювання чи отруєння),

який (яке) відбувся (відбулося) «___» _____ 200__р.

із _____

(професія, прізвище, ім'я, по батькові)

(акт за формою Н-1 про нещасний випадок від «___»_____200___р. №____).

1. Діагноз згідно з листком непрацездатності або довідкою лікувально-профілактичного закладу _____

_____

_____

2. Назва лікувально-профілактичного закладу, що встановив діагноз _____

_____

3. Наслідки нещасного випадку_____

(потерпілий одужав, його було переведено на

_____

легшу роботу, встановлено інвалідність I, II, III групи, номер)

4. Тривалість виконання потерпілим більш легкої роботи, робочих днів_____

5. Звільнено (згідно з листом непрацездатності) від роботи з «___»_____200__р. по «___»_____200__р., тривалість тимчасової непрацездатності, робочих днів_____

6. Витрати підприємства внаслідок нещасного випадку:

6.1. Сума доплати до попереднього заробітку при переведенні на більш легку роботу, грн._____

6.2. Сума відшкодування підприємством витрат на сплату одночасної допомоги потерпілому (членам сім'ї та особам, що зхнаходились на утриманні померлого), грн. _____

6.3. Сума відшкодування підприємством потерпілому витрат на медичну та соціальну допомогу, грн._____

6.4. Сума відшкодування підприємством потерпілому моральної шкоди, грн. _____

6.5. Сума внесків, що підприємством сплачено до фондів (пенсійного, соціального страхування та ін.), грн. _____

6.6. Сума штрафу, що сплачено підприємством за нещасний випадок або його приховування, грн. _____

6.7. Вартість пошкодженого у зв'язку із аварією (нещасним випадком) обладнання, інструменту, зруйнованих будівель, споруд. грн. _____

6.8. Інші витрати, грн. _____

6.9. Сумарна шкода (без урахування наступних періодичних виплат), грн.

_____

Власник _____ _____

(підпис) (прізвище, ім'я, по батькові)

Головний бухгалтер _____ _____

(підпис) (прізвище, ім'я, по батькові)

М.П.

Коротке пояснення стосовно заповнення повідомлення:

- підпункт 6.2 заповнюється відповідно до пункту 10 Правил відшкодування власником підприємства, установи чи організації або уповноваженим ними органом збитків, заподіяних працівнику пошкодженням здоров'я, пов'язаним із виконанням трудових обов'язків (далі — Правил відшкодування збитків), затверджених постановою Кабінету Міністрів України від 23 червня 1993 р. № 472 (зі змінами та доповненнями до них, затвердженими постановами Кабінету Міністрів України від 18 липня 1994 р. № 492 та від 3 жовтня 1997 р. № 1100);
- підпункт 6.3 заповнюється відповідно до пункту 12 Правил відшкодування збитків;
- підпункт 6.4 заповнюється відповідно до пункту 11 Правил відшкодування збитків;
- підпункт 6.5 заповнюється відповідно до пункту 46 Правил відшкодування збитків. Сума відшкодування збитків, на яку здійснюється нарахування за обов'язковими платежами, визначається як підсумок даних, зазначених у підпунктах 6.1–6.4;
- підпункт 6.6 заповнюється відповідно до пункту 3 Інструкції із застосування Положення про порядок накладення штрафів на підприємства, установи й організації за порушення нормативних актів із охорони праці;
- підпункт 6.7 — наводиться загальна сума вартості всього зіпсованого устаткування, інструменту, зруйнованих будівель, споруд. При груповому нещасному випадку для кожного з потерпілих вона визначається шляхом ділення загальної суми вартості на кількість потерпілих;
- підпункт 6.8 — наводиться загальна сума коштів, що їх було витрачено на порятунок потерпілого, поховання померлого, розслідування нещасного випадку, проведення експертизи, а також на транспорт, зв'язок і т. п.;
- підпункт 6.9 заповнюється додаванням сум, зазначених у підпунктах 6.1–6.8.

Кодування повідомлень, складених про нещасні випадки зі смертельним результатом, є обов'язковим. Коди потрібно вписувати у прямокутники.

Тривалість тимчасової непрацездатності, зазначена в пунктах 4–5, кодується кількістю робочих днів.

Витрати підприємства, зазначені в підпунктах 6.1–6.9, кодуються кількістю гривень.

Додаток 3

до Положення про розслідування та облік нещасних випадків, професійних захворювань і аварій на підприємствах, в установах та організаціях

Форма Н-3

_____
(Найменування санепідстанції,
_____
прізвище, ім'я, по батькові її керівника,
_____
найменування підприємства, прізвище,
_____
ім'я, по батькові його власника)

ЕКСТРЕНЕ ПОВІДОМЛЕННЯ
про гостре професійне захворювання (отруєння)

1. Попередній діагноз _____
2. Прізвище, ім'я, по батькові потерпілого _____
_____
3. Вік _____
4. Домашня адреса потерпілого _____
_____
5. Найменування та адреса підприємства, де працює потерпілий _____
_____
6. Дати:
   захворювання _____
   установлення діагнозу _____
   госпіталізації _____
7. Місце госпіталізації _____
(найменування лікувально-профілактичної установи)
_____
8. Шкідливий виробничий фактор, що викликав захворювання (отруєння)
_____
9. Дата і час передачі первинної інформації _____

Посада, прізвище та підпис особи,
що відправила повідомлення _____

Посада, прізвище та підпис особи,
що отримала повідомлення _____

Додаток 4

до Положення про розслідування та облік нещасних випадків, професійних захворювань та аварій на підприємствах, в установах і організаціях

Форма Н-4

ПОВІДОМЛЕННЯ

про нещасний випадок

Дата і час нещасного випадку (аварії).

Найменування підприємства, міністерства чи іншого центрального органу виконавчої влади, до сфери керування якого належить підприємство.

Місце нещасного випадку, аварії (виробництво, цех, дільниця, приміщення, вибій) та його коротка характеристика.

Відомості про потерпілого (потерпілих): прізвище, ім'я, по батькові, рік народження, професія (посада), місце роботи, стаж роботи загальний та за професією, сімейний стан, характер травм.

Стислі обставини та імовірні причини нещасного випадку (аварії).

Прізвище державного інспектора із охорони праці, що контролює підприємство, на якому стався нещасний випадок (аварія).

Дата, час передачі інформації та прізвище особи, що її передала.

Власник _____ _____

(підпис) (прізвище, ім'я, по батькові)

Головний бухгалтер _____ _____

(підпис) (прізвище, ім'я, по батькові)

М. П.

Додаток 5

до Положення про розслідування та облік нещасних випадків, професійних захворювань і аварій на підприємствах, в установах та організаціях

Форма Н-5

АКТ

спеціального розслідування групового нещасного випадку чи нещасного випадку зі смертельним результатом, аварії I чи II категорії з нещасним випадком чи без нещасного випадку, що відбувся (відбулася)

«___» _____200___р. у_____годин ___хв.

на_____

(найменування підприємства, міністерства

_____

та органа, до сфери керування якого

_____

належить підприємство)

_____ _____

(дата складення акта) (місце складення акта)

Комісія, призначена наказом

від_____№_____,

(найменування органу, яким призначено комісію)

у складі:_____ – голови комісії

(прізвище, ім'я, по батькові) (посада, місце роботи)

членів комісії:

_____ _____

(прізвище, ім'я, по батькові) (посада, місце роботи)

при участі:

_____ _____

(прізвище, ім'я, по батькові) (посада, місце роботи)

_____ _____

провела за період з «_____»_____ по «_____»_____ 200__р.

спеціальне розслідування нещасливого випадку (аварії), що відбувся (відбулася)_____

_____

(указується місце події та кількість потерпілих,

_____

у тому числі зі смертельним результатом)

1. Відомості про потерпілого (потерпілих)*

Прізвище, ім'я, по батькові, рік народження, професія (посада), стаж роботи загальний, у тому числі на даному підприємстві, за професією, час проходження навчання, інструктажу, перевірки знань із охорони праці, медичного профвідбору.

Наслідки нещасного випадку.

Відомості про членів родини, що знаходяться на утриманні потерпілого, прізвище, ім'я, по батькові, рік народження, ступінь спорідненості, рід занять**.

Ці відомості можуть бути викладені у табличному вигляді.

---

* При групових нещасних випадках відомості подаються окремо про кожного потерпілого.

** Відомості про членів родини вказуються лише при нещасних випадках зі смертельним результатом.

2. Характеристика підприємства, об'єкта, дільниці та місця, де стався нещасний випадок (аварія)

У короткій характеристиці підприємства, об'єкта, дільниці та місця, де стався нещасний випадок (аварія), наводяться відомості про проектний, затверджений та фактичний режим роботи об'єкту (устаткування) до настання нещасного випадку (аварії).

Описується стан об'єкта (дільниці), устаткування (конструкцій) та матеріалів, що застосовувалися перед аварією (нещасним випадком), а також дається висновок про їхню відповідність до нормативних вимог.

Указується, чи були раніше на підприємстві аналогічні нещасні випадки (аварії), якщо такі були. Описується організація на підприємстві роботи із охорони праці та її недоліки.

Якщо нещасний випадок відбувся через аварію, то в цей розділ акту додатково вносяться такі дані: категорія аварії, втрати продукції (у натуральному вигляді та у гривнях), розмір загальних збитків, що їх заподіяно аварією (у гривнях).

3. Обставини, за яких відбувся нещасний випадок (аварія)

Описуються всі події, що відбувалися, та роботи, що проводилися до настання нещасного випадку (аварії); указується, як проходив процес роботи від початку зміни, хто керував роботами та які вказівки він давав, дії потерпілого (потерпілих) та інших осіб, пов'язаних з нещасним випадком (аварією).

Викладається послідовність подій, наводяться небезпечні та шкідливі виробничі фактори, що впливали на потерпілого, вказуються конкретно машина, інструмент, устаткування, експлуатація яких призвела до нещасного випадку, наявність небезпечних умов та небезпечні дії потерпілого чи інших осіб, характер аварії. Подається перелік заходів, що їх було виконано для ліквідації аварії (якщо така була) відповідно до плану ліквідації аварії (надзвичайної ситуації) чи до плану локалізації аварійних ситуацій.

4. Причини нещасного випадку (аварії)

Наводяться основні технічні та організаційні причини нещасного випадку (аварії), включаючи перевищення граничних дозволених норм небезпечних та шкідливих виробничих факторів, невідповідність до діючих вимог та недостатність медичних засобів колективного та індивідуального захисту (якщо ці причини мали вплив на подію). Після кожної причини вказується, які конкретно вимоги законодавства та нормативних актів із питань охорони праці та цивільної оборони, інструкцій із безпечного проведення робіт, посадових інструкцій було порушено (із посиланням на відповідні статті, розділи, пункти).

Відзначаються узагальнені результати перевірки стану охорони праці на цьому та інших підприємствах, що її було проведено органами державного нагляду за охороною праці та іншими організаціями.

5. Заходи для усунення причин нещасного випадку (аварії)

Запропоновані заходи повинні складатися з:

- заходів для ліквідації наслідків аварії (за необхідності);
- заходів для усунення безпосередніх причин нещасного випадку та попередження подібних випадків.

Ці міри можуть бути викладені у вигляді таблиці або перелічені у тексті із зазначенням змісту заходів, термінів їхнього виконання та посадових осіб (установ), що є відповідальними за їхню вчасну реалізацію.

6. Висновок комісії про осіб, що припустились порушення законодавчих та інших нормативних актів про охорону праці, та пропозиції стосовно притягнення їх до відповідальності

У цьому розділі вказуються особи, у тому числі й потерпілий, чиї дії чи бездіяльність призвели до нещасного випадку (аварії). Указуються конкретні порушення законодавчих та нормативних актів про охорону праці, посадових інструкцій і т. ін. із посиланням на статті, параграфи та пункти. Наприкінці розділу даються пропозиції стосовно притягнення до відповідальності осіб, із вини яких стався нещасний випадок чи аварія. У висновку зазначається, що даний нещасний випадок підлягає (не підлягає) обліку та на нього складається (не складається) акт за формою Н-1.

Після висновку комісії про осіб, відповідальних за даний нещасний випадок, провадиться оцінка діяльності державних та відомчих органів нагляду і контролю за безпечним веденням робіт на підприємстві.

Наприкінці акта робиться запис про зустріч членів комісії з розслідування з потерпілими або членами їхніх родин, про рішення стосовно надання їм соціальної та матеріальної допомоги, про роз'яснення потерпілим та членам їхніх родин їхніх прав відповідно до чинного законодавства.

7. Перелік доданих матеріалів

Голова комісії _____ _____
(підпис) (прізвище, ініціали)

Члени комісії: _____ _____
(підпис) (прізвище, ініціали)

_____ _____
_____ _____
_____ _____

Додаток 6

до Положення про розслідування та облік нещасних випадків, професійних захворювань і аварій на підприємствах, в установах та організаціях

Форма Н-6

ПРОТОКОЛ

огляду місця події групового нещасного випадку чи нещасного випадку зі смертельним результатом, аварії I чи II категорії з нещасним випадком чи без нещасного випадку, що відбувся (відбулася) «___» _____200___р. о_____годині _____хв.

із_____

(професія, прізвище, ім'я, по батькові)

на_____

(найменування підприємства та органа, до сфери

_____

керування якого належить підприємство)

_____

Комісія в складі:_____ – голова комісії,

(прізвище, ініціали, посада, місце роботи)

членів комісії:

_____ _____

(прізвище, ім'я, по батькові) (посада, місце роботи)

_____ _____

(прізвище, ім'я, по батькові) (посада, місце роботи)

_____

у період з____ годин _____ хвилин «___» _____200___р.
до _____ годин _____ хвилин «___» _____200___р.
оглянула місце нещасного випадку (аварії) та встановила таке:

_____

_____

_____

_____

_____

Голова комісії _____ _____

(підпис) (прізвище, ініціали)

Члени комісії: _____ _____

(підпис) (прізвище, ініціали)

_____ _____

_____ _____

Додаток 7

до Положення про розслідування та облік нещасних випадків, професійних захворювань і аварій на підприємствах, в установах та організаціях

Форма Н-7

Найменування
підприємства

ЕСКІЗ

місця події групового нещасного випадку чи нещасного випадку зі смертельним результатом, аварії I чи II категорії з нещасним випадком чи без нещасного випадку, що відбувся (відбулася) «___» _____200___р. о_____годині _____хв.

із_____
(професія, прізвище, ім'я, по батькові)

ПЛАН
положення до
події

ПЛАН
положення після
події

Прив'язка до території підприємства – викопірування із генплану (плану гірських робіт) із прив'язкою до запасних виходів

Окремі місця, вузли,
розрізи, характерні
для події

Окремі місця, вузли,
розрізи, характерні
для події

Голова комісії _____ _____
(підпис) (прізвище, ініціали)

Члени комісії: _____ _____
(підпис) (прізвище, ініціали)

Ескіз склав _____
(посада, місце роботи, прізвище, ім'я, по батькові)

Додаток 8

до Положення про розслідування та облік нещасних випадків, професійних захворювань і аварій на підприємствах, в установах та організаціях

Форма Н-8

ФОРМИ ПРОТОКОЛУ ОПИТУВАННЯ ТА ПОЯСНЮВАЛЬНОЇ ЗАПИСКИ СВІДКІВ ТА ІНШИХ ОСІБ, ПРИЧЕТНИХ ДО НЕЩАСНОГО ВИПАДКУ (АВАРІЇ)

1. Зразок форми протоколу:

ПРОТОКОЛ

опитування про груповий нещасний випадок чи нещасний випадок зі смертельним результатом, аварії I чи II категорії з нещасним випадком чи без нещасного випадку, що відбувся (відбулася) «___»_____200___р. о_____годині ____хв.

із_____

(професія, прізвище, ім'я, по батькові)

_____

(чи)_____

(категорія та характер аварії)

_____

Прізвище, ім'я, по батькові_____

Професія (посада) _____

Домашня адреса _____

Про цей випадок (аварію) розповів таке:

(У вільній формі викладається розповідь про розслідувану подію. Після запису відомих опитуваному фактів йому задаються запитання для уточнення).

Запитання:

Відповідь:

(і т.д.)

Після закінчення запису запитань та відповідей протокол підписується у такому порядку:

«Протокол мною прочитаний, записано з моїх слів вірно».

(Підпис, у дужках прізвище та ініціали).

«Опитування провів та протокол склав» (прізвище, ініціали та посада особи, уповноваженої комісією зі спеціального розслідування, його підпис, дата опитування).

2. Зразок форми пояснювальної записки:

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА

комісії зі спеціального розслідування групового нещасного випадку чи нещасного випадку зі смертельним результатом, аварії I чи II категорії з нещасним випадком чи без нещасного випадку, що відбувся (відбулася) «___»_____200___р. о _____годині ____хв.

Із _____

(професія, прізвище, ім'я, по батькові)

(чи)_____

(категорія і характер аварії)

від_____

(прізвище, ім'я, по батькові особи,

_____

що дає пояснення, його (її) посада,

_____

місце роботи)

Домашня адреса:_____

_____

(У вільній формі дається пояснення відомим фактам, пов'язаним з подією, висловлюється думка щодо її обставин та причин. Указуються посадові особи, дії чи бездіяльність яких стали основною чи супутньою причиною нещасного випадку чи аварії, а також висловлюються пропозиції стосовно попередження таких подій у майбутньому).

Підпис і дата подання пояснювальної записки.

Додаток 9

до Положення про розслідування та облік нещасних випадків, професійних захворювань і аварій на підприємствах, в установах та організаціях

Форма Н-9

Герб України

КОМІТЕТ ІЗ НАГЛЯДУ ЗА ОХОРОНОЮ ПРАЦІ УКРАЇНИ

(найменування територіального управління Комітету із нагляду за охороною праці)

(назва держінспекції)

(місце складання припису) (дата)

ПРИПИС №

(кому – посада, підприємство,

прізвище, ініціали)

Мною,

(посада, прізвище, ініціали)

на підставі вивчення та перевірки матеріалів про нещасливий випадок із

(професія, прізвище, ім'я, по батькові потерпілого)

який відбувся «___»_____200__р. о_____годині_____хв.,

ВИЗНАЧЕНО:

1. Нещасний випадок із

(прізвище, ініціали)

відбувся

(приводиться коротка характеристика місця події

із зазначенням небезпечних та шкідливих виробничих факторів)

2. Обставини, за яких стався нещасний випадок

(подається виклад

послідовності подій, дій потерпілого та інших осіб,

причетних до цього нещасного випадку і т.п.)

3. Причини нещасного випадку:

(зазначаються, залежно від їх наявності,

основні технічні, організаційні

та психофізіологічні причини нещасного випадку)

4. Порушення законодавства про охорону праці, що призвели до нещасного випадку_____

(зазначаються законодавчі та інші нормативні

акти про охорону праці, що їх було порушено, із посиланням на конкретні

пункти, статті, т. ін.)

5. Посадові особи та працівники, у тому числі й потерпілий, що припустилися порушення законодавчих та інших нормативних актів про охорону праці, чиї дії чи бездіяльність стали основною або супутньою причиною нещасного випадку_____

(прізвище, ім'я, по батькові, посада (професія),

місце роботи, статті, пункти нормативних актів, що були порушені)

Виходячи з наявності порушень законодавства про охорону праці, вважаю даний нещасний випадок пов'язаним із виконанням трудових (посадових) обов'язків.

На підставі статті 45 Закону України «Про охорону праці» пропоную скласти акт за формою Н-1 та узяти даний нещасний випадок на облік.

_____ _____

(посада) (прізвище, ініціали)

(Печатка місцевого органу
державного нагляду
за охороною чи іменний
штамп посадової особи)

Припис одержав «____»_____200__р.

_____ _____ _____

(посада) (підпис) (прізвище, ініціали)

Додаток 10

до Положення про розслідування та облік нещасних випадків, професійних захворювань і аварій на підприємствах, в установах та організаціях

Форма Н-10

ЖУРНАЛ
реєстрації потерпілих від нещасних випадків

на _____
(назва підприємства, установи, організації)

№*	Дата і час	Прізвище, ім'я та по батькові потерпілих	Професія (посада)	Місце події(цех, дільниця, ферма, об'єкт і т. ін.)	Обставини і причини нещасного випадку	Наслідки нещасного випадку	Заходи щодо попередження подібних нещасних випадків	Відмітка про виконання заходів	Дата видачі акта за формою Н-1 і підпис особи, що отримала його

* Реєстраційний номер повинен відповідати номеру акта за формою Н-1 про нещасний випадок.

Додаток 11

до Положення про розслідування та облік нещасних випадків, професійних захворювань і аварій на підприємствах, в установах та організаціях

Форма П-1

ПЕРЕЛІК

науково-дослідних інститутів, закладів охорони здоров'я України, що мають право на встановлення зв'язку захворювань з умовами праці (визнання професійного захворювання)

Донецький науково-дослідний інститут медико-екологічних проблем Донбасу і вугільної промисловості (м. Донецьк)

Інститут медицини праці АМН України (м. Київ)

Український науково-дослідний інститут промислової медицини

Харківський науково-дослідний інститут гігієни праці і профзахворювань

Харківський науково-дослідний інститут медичної радіології

Інститут екогігієни і токсикології імені Ведмедя (м. Київ)

Український науково-дослідний інститут медицини транспорту (м. Одеса)

Донецька обласна спеціалізована клінічна лікарня професійних захворювань

Відділення профпатологій Луганської обласної клінічної лікарні

Відділення профпатології Львівської обласної клінічної лікарні

Відділення профпатології Черкаської обласної лікарні

Додаток 12

до Положення про розслідування та облік нещасних випадків, професійних захворювань і аварій на підприємствах, в установах та організаціях

Форма П-2

ПОРЯДОК ВСТАНОВЛЕННЯ ЗВ'ЯЗКУ ЗАХВОРЮВАННЯ З УМОВАМИ ПРАЦІ

1. Профзахворювання (отруєння) встановлюється комісією лікувально-профілактичної установи (додаток 11), склад якої затверджує керівник цієї установи.

2. Голова комісії повинен пройти підготовку з питань профпатології в клініках науково-дослідних інститутів гігієни праці і чи профзахворювань медицини праці з одержанням відповідного документа, а також мати досвід роботи з питань профпатології і стаж роботи з цьоху фаху не менше 5-ти років.

3. Рішення про зв'язок захворювання з умовами праці приймається на підставі клінічних, функціональних досліджень (амбулаторних чи стаціонарних) з урахуванням відомостей, зазначених у таких документах:

3.1. копія трудової книжки для визначення стажу роботи в умовах дії виробничих факторів;

3.2. виписка з амбулаторної картки (форма 025/у) чи історії хвороби, що відбиває початок і динаміку розвитку захворювання;

3.3. медичний висновок обласного фахівця з профпатології;

3.4. санітарно-гігієнічна характеристика умов праці, що складається фахівцями санепідстанції, на території якої розташоване підприємство.

4. Висновок комісії лікувально-профілактичної установи про наявність (чи відсутність) захворювання професійного характеру хворому не видається, а направляється обласному фахівцю з профпатології за місцем роботи чи проживання хворого.

Хворому видається довідка про перебування на стаціонарному (чи амбулаторному) обстеженні в лікувально-профілактичній установі.

У висновку, крім діагнозу захворювання (отруєння), повинен бути чітко зазначений встановлений (чи ні) його професійний характер.

Додаток 13

до Положення про розслідування та облік нещасних випадків, професійних захворювань і аварій на підприємствах, в установах та організаціях

Форма П-3

ПОВІДОМЛЕННЯ ПРО ПРОФЕСІЙНЕ ЗАХВОРЮВАННЯ (ОТРУЄННЯ)

Прізвище, ім'я, по батькові _____

_____

Стать _____ Вік _____

(повного років)

Назва підприємства _____

_____

(вказуються його реквізити)

Міністерство, орган, до сфери управління якого належить підприємство _____

Діагноз основний _____

супутній _____

Виробничий фактор, шкідлива речовина, назва трудового процесу, що викликав захворювання _____

_____

Дата встановлення остаточного діагнозу _____

Назва установи, що встановили діагноз _____

_____

Реєстраційний номер повідомлення_____ від «___»_____200_____р.

Головний лікар _____ _____

(прізвище, ім'я, по батькові) (підпис)

М.П.

Дата відправлення повідомлення _____

Посада, прізвище і підпис особи, що надіслала повідомлення _____

_____

Дата одержання повідомлення _____

Посада, прізвище і підпис особи, що одержала повідомлення _____

_____

Додаток 14

до Положення про розслідування та облік нещасних випадків, професійних захворювань і аварій на підприємствах, в установах та організаціях

Форма П-4

АКТ

розслідування професійного захворювання (отруєння)

1. Дата складання_____

(день, місяць, рік)

2. Місце складання_____

(район, місто, село)

3. Назва підприємства_____

4. Найменування цеху, дільниці, відділу _____

5. Міністерство, орган, до сфери управління якого належить підприємство _____

6. Комісія в складі: _____ _____ - голова комісії,

(прізвище, ім'я, по батькові) (посада, місце роботи)

членів комісії: _____ _____

(прізвище, ім'я, по батькові) (посада, місце роботи)

_____ _____

(прізвище, ім 'я, по батькові) (посада, місце роботи)

провела розслідування випадку хронічного професійного захворювання (отруєння)_____

_____

(діагноз)

7. Дата надходження повідомлення в санепідстанцію_____

8. Назва медичної установи, що встановила діагноз

_____

9. Захворювання (отруєння) виявлено під час медичного огляду, при зверненні_____

_____

(назва медичної установи)

10. Відомості про хворого:

Прізвище, ім'я, по батькові _____

Стать_____ Вік _____

(повного років)

Професія, посада_____

(за класифікатором)

Стаж роботи _____, _____

(загальний) (за цим фахом)

_____, _____

(у цьому цеху) (в умовах впливу шкідливих факторів)

11. Висновок про наявність шкідливих умов праці_____

_____

12. Діагноз:_____

(основний)

_____

(супутній)

13. На момент розслідування хворий_____

(прізвище, ініціали)

_____працездатний за своїм фахом, переведений на іншу роботу, перебуває на амбулаторному лікуванні, госпіталізований, переведений на інвалідність, помер (потрібне залишити)

14. Професійне захворювання (отруєння) виникло за таких обставин*_____

15. Причина професійного захворювання (отруєння)**

_____

16. З метою ліквідації і запобігання професійних захворювань (отруєнь) пропонується

_____

(вказати прізвище, ім'я, по батькові,

_____

посада особи, якій адресовано пропозицію,

_____

конкретне формулювання організаційних, технічних і санітарно-

_____

гігієнічних заходів, термін їх виконання)

_____

17. Прізвище, ім'я, по батькові, посада осіб, які не виконали норми і правила охорони праці, гігієнічні регламенти і нормативи:

_____

(вказати, що не виконувалося і які вимоги

_____

нормативних актів порушені)

Голова комісії_____ _____

(підпис) (прізвище, ініціали)

Члени комісії _____ _____ _____

(підпис) (прізвище, ініціали)

_____

* Робиться детальний опис конкретних фактів невиконання технологічних регламентів виробничого процесу, порушень режиму експлуатації технологічного устаткування, приладів, робочого інструменту; аварійних ситуацій; ушкодження захисних засобів і механізмів, систем вентиляції, екранування, сигналізації, освітлення, кондиціонування повітря; порушення правил техніки безпеки, гігієни праці; відсутності (невикористання) засобів індивідуального захисту; недосконалості технології, механізмів, робочого інструменту; неефективності роботи систем вентиляції, кондиціонування повітря, захисних засобів, механізмів, засобів індивідуального захисту; відсутності заходів і засобів рятувального характеру і т. ін.

** Вказуються виробничі фактори, що призвели до захворювання:
запиленість повітря робочої зони (концентрація пилу),у тому числі вміст SiO_2 –
середнє _____, максимальне _____;
загазованість повітря робочої зони шкідливими речовинами (концентрація речовин і їх граничнo допустима концентрація):
підвищені і знижені температури, температура поверхні устаткування, матеріалів, повітря робочої зони;
рівні шуму;
рівні загальної і локальної вібрації;
рівні інфразвукових коливань, ультразвуку;
рівні електромагнітного випромінювання;
рівні барометричного тиску;
рівні вологості і рухливості повітря;
рівні іонізуючого випромінювання;
контакт із джерелами інфекційних захворювань, конкретні назви;
рівні фізичних перевантажень (параметри, ступінь, тяжкість роботи);
інші виробничі фактори за гігієнічною класифікацією праці.

Додаток 15

до Положення про розслідування та облік нещасних випадків, професійних захворювань і аварій на підприємствах, в установах та організаціях

Форма П-5

КАРТА ОБЛІКУ
професійного захворювання (отруєння)
Дата заповнення Реєстраційний номер

Зміст інформації	№ рядків	Код
Автономна Республіка Крим або область	1	
Район, місто, село	2	
Міністерство, інший центральний орган виконавчої влади	3	
Галузь	4	
Підприємство	5	
Цех, дільниця	6	
Дата отримання повідомлення про профзахворювання	7	
Кількість одночасно потерпілих з врахуванням даної особи	8	
Прізвище, ім'я, по батькові потерпілого	9	
Стать: чол. – 1, жін. – 2	10	
Вік (кількість повних років)	11	
Фах	12	
Стаж роботи за даним фахом	13	
Стаж роботи в контакті із шкідливим виробничим фактором, що спричинив профзахворювання	14	
Шкідливі виробничі фактори, що спричинили профзахворювання (отруєння) згідно з гігієнічною класифікацією		
Основний (конкретні назви згідно з класифікатором 6)	15	
	16	
Супутній		
Параметри факторів		
Основний	17	
Супутній	18	
Обставини виникнення профзахворювання		
1.	19	
2.	20	
Вид профзахворювання: захворювання –1, отруєння – 2	21	
Форма профзахворювання: гостра – 1, хронічна – 2	22	
Діагнози: 1. Основний	23	
2. Супутні – виробничо обумовлені	24	
Стадії захворювання		
стадії (1,2,3) основного	25	
стадії (1,2,3) супутнього	26	
Профзахворювання (отруєння) виявлено: при медогляді – 1, при зверненні – 2	27	
Діагноз встановлено: ЛПУ – 1, профвідділенням – 2, НДІ – 3	28	
Тяжкість захворювання: без втрати працездатності – 1, з втратою працездатності – 2, смерть – 3	29	
Пенсіонер: не працює – 1, працює – 2	30	
Заходи, прийняті санепідстанцією	31	

Прізвище, ім'я, по батькові санітарного лікаря
(повністю)

Підпис

Додаток 16

до Положення про розслідування та облік нещасних випадків, професійних захворювань і аварій на підприємствах, в установах та організаціях

Форма П-6

ЖУРНАЛ

обліку професійних захворювань (отруєнь)

Розпочато «___»_____200__р. Закінчено «___»_____200__р.

№	Прізвище, ім'я, по батькові хворого	Стать	Вік (повних років)	Найменування підприємства	Найменування міністерства, органу, до сфери управління якого належить підприємство	Найменування цеху, дільниці	Стаж роботи	
							загальний	у контакті із шкідливими виробничим и факторами
1	2	3	4	5	6	7	8	9

Продовження форми П-6

Назва професії	Назва шкідливих факторів (згідно з гігієнічною класифікацією), що сприяли виникненню професійного захворювання (отруєння)	Вид профзахворювання (отруєння): гостре або хронічне	Діагнози		Захворювання встановлено	
			основний	супутні	Під час медогляду	ЛПУ згідно з додатком 11
10	11	12	13	14	15	16

Продовження форми П-6

Назва лікувальної установи, що встановила кінцевий діагноз	Наслідки профзахворювання					
	тимчасова втрата працездатності	тимчасове переведення на іншу роботу	працездатний за своєю професією	стійка втрата працездатності	інвалідність (група)	смерть
17	18	19	20	21	22	23

Додаток 17

до Положення про розслідування та облік нещасних випадків, професійних захворювань і аварій на підприємствах, в установах та організаціях

Форма А-1

ВІДОМОСТІ

про втрати внаслідок аварії, що сталася «___»_____200__р.

о_____ годині _____хв на _____

(назва підприємства, міністерства,

_____

органу, до сфери управління якого належить підприємство)

1. Категорія і характер аварії_____

_____

2. Прямі втрати, пов'язані з ліквідацією аварії, усього (тис. грн.)

_____

у тому числі:

2.1. втрати на підприємстві, де відбулася аварія _____

2.2. втрати на інших підприємствах_____

2.3. втрати через ураження населення, житлового фонду й особистого майна громадян

_____

2.4. втрати через забруднення навколишнього середовища _____

3. Втрати, пов'язані з невиробничою продукцією, усього (тис. грн.)

_____

у тому числі:

3.1. на підприємстві, де відбулася аварія

_____

3.2. на інших підприємствах

_____

Власник _____ _____

(підпис) (прізвище, ім'я, по батькові)

Головний бухгалтер _____ _____

(підпис) (прізвище, ім'я, по батькові)

Дата складання

(печатка підприємства)

Додаток 18

до Положення про розслідування та облік нещасних випадків, професійних захворювань і аварій на підприємствах, в установах та організаціях

Форма А-2

ЖУРНАЛ
реєстрації аварій

на _____

(повна назва підприємства, установи, організації)

_____

_____

№	Дата і час початку аварії	Категорія і характер аварії	Причини і короткий опис обставин аварії	Економічні втрати через аварію (тис. грн.)	Тривалість простою від початку аварії до введення в експлуатацію, год. (діб)	Заходи, запропоновані комісією з розслідування аварії	Відмітка про виконання заходів

Додаток 19

до Порядку розслідування і обліку нещасних випадків невиробничого характеру

ПОВІДОМЛЕННЯ

про нещасний випадок невиробничого характеру

«____»_____200___р.

Лікувально-профілактична установа, куди звернувся
чи доставлений потерпілий _____

(назва районної держадміністрації

_____

чи виконавчого органу міської, районної в місті ради,

_____

органу внутрішніх справ, органу прокуратури)

Прізвище, ім'я, по батькові потерпілого_____

_____

Дата
народження_____

Вид занять _____

Адреса потерпілого _____

(Автономна Республіка Крим, область,

_____

район, населений пункт, вулиця, будинок, квартира)

Місце, де стався нещасний випадок _____

_____

Дата і час травмування _____

Дата і час звернення до лікувально-профілактичної установи _____

_____

Діагноз _____

Вид травми, згідно з кодами міжнародної класифікації
хвороб (МКБ-10) _____

Подія, що призвела до нещасного випадку _____

_____

Висновок про алкогольне
чи наркотичне сп'яніння_____

_____ _____ _____

(посада мед. працівника) (підпис) (ініціали і прізвище)

Додаток 20

до Порядку розслідування і обліку нещасних випадків невиробничого характеру

ЖУРНАЛ
реєстрації нещасних випадків
невиробничого характеру

_____

(назва лікувально-профілактичної установи)

№ п/п	Прізвище, ім'я, по батькові потерпілого, рік народження	Професія (посада) або вид діяльності	Адреса потерпілого	Місце, де стався нещасний випадок	Дата і час травмування	Дата і час звернення до лікувально-профілактичної установи	Подія, що призвела до нещасного випадку	Діагноз	Вид травми, згідно з кодами міжнародної класифікації хвороб (МКБ-10)	Висновок про наявність алкогольного чи наркотичного сп'яніння

Додаток 21

до Порядку розслідування і обліку нещасних випадків невиробничого характеру

Форма НТ

ЗАТВЕРДЖУЮ

_____
(посада, ініціали та прізвище)

_____
(підпис)

«____»_____200__р.
МП

АКТ №_____
про нещасний випадок невиробничого характеру

1. _____
(прізвище, ім'я, по батькові потерпілого)

2. Дата народження_____
(число, місяць. рік)

3. Стать_____

4. Рід занять: працює, не працює, дитина дошкільного віку, учень, студент

_____

5. Дата та час нещасного випадку_____

число		місяць		рік	

_____

годин		хвилин	

6. Адреса потерпілого:

Автономна республіка Крим, область, _____

район_____

населений пункт _____

вулиця, будинок, квартира_____

7. Місце, де стався нещасний випадок _____