658.382.3
П69

В. Ц. Жидецький, В. С. Джигирей,
В. М. Сторожук, Л. В. Туряб,
Х. І. Лико

ПРАКТИКУМ ІЗ ОХОРОНИ ПРАЦІ

Видавництво «Афіша»

ПРАКТИКУМ ІЗ ОХОРОНИ ПРАЦІ

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАУКОВО-МЕТОДИЧНИЙ ЦЕНТР ВИЩОЇ ОСВІТИ
УКРАЇНСЬКА АКАДЕМІЯ ДРУКАРСТВА
УКРАЇНСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ЛІСОТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Рекомендовано Міністерством освіти і науки України
як навчальний посібник
для студентів вищих навчальних закладів
(Лист заступника міністра від 05. 07. 2000 р. № 2/1116)

В. Ц. ЖИДЕЦЬКИЙ, В. С. ДЖИГИРЕЙ,
В. М. СТОРОЖУК, Л. В. ТУРЯБ, Х. І. ЛИКО

ПРАКТИКУМ ІЗ ОХОРОНИ ПРАЦІ

За редакцією
кандидата технічних наук, доцента *В. Ц. Жидецького*

Навчальний посібник

Львів «Афіша» 2000

ББК 65.9(2)248
Ж 691
УДК 658.382.3

Жидецький В. Ц., Джигирей В. С., Сторожук В. М. та ін. **Практикум із охорони праці.** Навчальний посібник / За ред. канд. техн. наук, доцента *В. Ц. Жидецького.* — Львів, Афіша, 2000 — 352 с.

У навчальному посібнику подано практичний, теоретичний та довідковий матеріал щодо вирішення інженерних завдань з охорони праці, спрямованих на забезпечення безпечних та здорових умов праці, безаварійної роботи виробничого устаткування, пожежної безпеки. В ньому наведено методичні вказівки та перелік питань, що складають зміст розділу "Охорона праці" в дипломних проектах. Посібник містить значну кількість прикладів щодо вирішення практичних завдань з техніки безпеки, гігієни праці та виробничої санітарії, пожежної безпеки.

Для студентів вищих навчальних закладів, викладачів охорони праці. Може бути корисним для спеціалістів з охорони праці, а також інженерно-технічним працівникам промислових підприємств.

Рецензенти:

С. С. Левуш — доктор хімічних наук, професор, завідувач кафедри охорони праці (Національний університет "Львівська політехніка");

І. І. Даценко — доктор медичних наук, професор кафедри загальної гігієни з екологією (Львівський державний медичний університет ім. Данила Галицького).

ISBN 966-7760-09-X

© В. Ц. Жидецький, В. С. Джигирей, В. М. Сторожук, Л. В. Туряб, Х. І. Лико, 2000
© ПТВФ «Афіша», 2000

ПЕРЕДМОВА

Охорона життя та здоров'я громадян у процесі їх трудової діяльності, створення безпечних та нешкідливих умов праці – одне з найважливіших державних завдань. Успішне вирішення цього завдання значною мірою залежить від належної підготовки фахівців усіх освітньо-кваліфікаційних рівнів з питань охорони праці. Підвищення якості підготовки фахівців з вищезазначених питань — об'єктивна вимога часу.

Сучасний розвиток науки та техніки привносить принципові нововведення у всі сфери матеріального виробництва, суттєво змінюючи технологічні процеси та використовувані матеріали, предмети та знаряддя праці. В свою чергу зміни технології та устаткування призводять до трансформації умов праці та трудового процесу в цілому. Тому при розробці нової техніки, технологічних процесів, організаії виробництва необхідно провести науковий аналіз можливих небезпечних та шкідливих виробничих факторів та розробити заходи і засоби, спрямовані на мінімізацію їх несприятливого впливу на працюючу людину.

Випадки травматизму, професійних та професійно зумовлених захворювань, які мають місце на підприємствах часто виникають через порушення відповідних норм техніки безпеки, виробничої санітарії та пожежної безпеки при проектуванні підприємств, технологічних процесів, основного та допоміжного виробничого устаткування. Часто окремі недоліки або помилки, допущені в проекті, стають побічними або безпосередніми причинами аварій, пожеж, вибухів, нещасних випадків, професійних та професійно зумовлених захворювань. Тому розробка комплексу питань з охорони праці в дипломних проектах студентів інженерно-технічних спеціальностей є обов'язковою вимогою. Адже сучасний рівень інженерної підготовки вимагає від майбутніх фахівців не лише володіти певним обсягом теоретичних знань з охорони праці, а й вміти їх застосовувати при вирішенні практичних інженерних завдань щодо створення безпечних та здорових умов праці.

З метою підвищення рівня підготовки фахівців усіх освітньо-кваліфікаційних рівнів з питань охорони праці та практичної реалізації принципу пріоритетності охорони життя та здоров'я працівників у відношенні до результатів виробничої діяльності, наказом Міністерства освіти України "Про вдосконалення навчання з охорони праці й безпеки життєдіяльності у вищих закладах освіти України" від

02. 12. 1998 р. № 420 вводить вивчення студентами усіх вищих закладів освіти дисциплін "Безпека життєдіяльності", "Основи охорони праці" (рівні "молодший спеціаліст", "бакалавр") та "Охорона праці в галузі" (рівні "спеціаліст", "магістр"), а також включення розділу (питань) охорони праці до дипломних проектів і робіт молодих спеціалістів, спеціалістів і магістрів.

На завершальному етапі підготовки фахівців усіх освітньо-кваліфікаційних рівнів важливо систематизувати, поглибити, доповнити та закріпити раніше одержані знання з охорони праці, надати їм практичного спрямування щодо вирішення інженерних завдань стосовно їх майбутньої професійної діяльності. Даний навчальний посібник, написаний у відповідності з переліком практичних занять навчальної програми нормативної дисципліни "Охорона праці в галузі" для вищих закладів освіти, затвердженої Міністерством освіти України 2 серпня 1999 р.

В навчальному посібнику досить детально та всебічно розглянуті сучасні методи та способи вирішення інженерних завдань з техніки безпеки, гігієни праці та виробничої санітарії, пожежної безпеки. В ньому наведено достатньо ілюстраційного матеріалу, необхідної довідкової інформації та прикладів щодо вирішення конкретних питань з охорони праці.

Навчальний посібник написаний викладачами Української академії друкарства (УАД), Українського державного лісотехнічного університету (УДЛУ) та Технологічного коледжу УДЛУ: передмова, методичні вказівки, розділи 1, 3, 8, додаток — В. Ц. Жидецьким (УАД); розділи 4, 5 — В. С. Джигиреєм (УДЛУ); розділ 2 — В. Ц. Жидецьким та Л. В. Туряб (УАД); розділ 6 — В. С. Джигиреєм (УДЛУ) та Х. І. Лико (Технологічний коледж УДЛУ); розділ 7 — В. С. Джигиреєм та В. М. Сторожуком (УДЛУ).

Автори висловлюють щиру подяку рецензентам — професорам С. С. Левушу та І. І. Даценко за цінні поради та зауваження, що були висловлені в процесі роботи над навчальним посібником, а також редакторам О. В. Мельникову та Д. В. Василишин за допомогу, що була надана при підготовці посібника до друку.

Автори будуть вдячні за зауваження та побажання, спрямовані на покращення посібника, які можна надсилати за адресою: 79005, м. Львів, вул. Костя Левицького, 4. ПТВФ "Афіша".

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ ЩОДО ВИКОНАННЯ РОЗДІЛУ "ОХОРОНА ПРАЦІ" В ДИПЛОМНИХ ПРОЕКТАХ СТУДЕНТІВ ІНЖЕНЕРНО-ТЕХНІЧНИХ СПЕЦІАЛЬНОСТЕЙ

ЗАГАЛЬНІ ВКАЗІВКИ

Заходи та засоби з охорони праці аналізуються, обгрунтовуються та розробляються як органічна складова частина дипломного проекту, що виконується. В кожному дипломному проекті студентів інженерно-технічних спеціальностей повинен бути розділ "Охорона праці". Без цього розділу дипломний проект до захисту не допускається.

В розділ "Охорона праці" включаються всі найголовніші узагальнення щодо вирішення питань, спрямованих на забезпечення безпечних та здорових умов праці, безаварійної роботи устаткування, пожежної безпеки на об'єкті , що проектується. Окрім того, питання охорони праці повинні бути вирішені також в інших розділах дипломного проекту згідно з чинними законодавчими та нормативно-правовими актами. Якість цього розділу визначається не стільки об'ємом, який відведено для нього в розрахунково-пояснювальній записці, скільки змістом та безпосереднім зв'язком з темою проекту. При виконанні цього розділу необхідно показати вміння застосовувати розрахункові методи проектування безпечних та надійних видів устаткування і технологічних процесів, володіти способами та методами щодо забезпечення нормальних умов праці, раціональної організації трудового процесу, усунення небезпеки травматизму, професійних захворювань, пожеж, вибухів, аварій на об'єкті, що проектується. Розділ "Охорона праці" дипломного проекту виконується в обсязі 10—12% від загального об'єму розрахунково-пояснювальної записки, а іноді ще й на одному листі графічної частини проекту. Цей розділ, як правило, розміщується в розрахунково-пояснювальній записці перед розділом, який присвячений економічному обгрунтуванню проекту. Успішне виконання частини дипломного проекту, що стосується питань охорони праці, значною мірою залежить від своєчасності отримання завдання, тому студент-дипломник повинен з'явитись до консультанта з цього розділу (викладача кафедри охорони праці) не пізніше ніж за два тижні після одержання ним теми дипломного проекту.

Консультації студентів-дипломників з охорони праці проводяться за розкладом, що затверджується кафедрою.

Керівництво з боку консультанта розділу "Охорона праці" повинно полягати в направленні діяльності студента-дипломника на вирішення основних, принципових питань з охорони праці, на вироблення у нього вміння узагальнювати та аналізувати результати окремих розробок, робити висновки та приймати правильні рішення.

Студент-дипломник повинен працювати самостійно та творчо. Завдання з охорони праці має відповідати темі дипломного проекту, щоб доповнювати комплекс питань, які передбачено вирішити даною розробкою.

У відповідності з індивідуальним завданням консультанта студент-дипломник виконує (за узгодженням з керівником проекту) дві—три поглиблені або дослідницькі розробки в галузі техніки безпеки, виробничої санітарії, пожежної безпеки, ергономіки (з переліку питань, що складають зміст розділу "Охорона праці", наведених далі), які тісно пов'язані з темою дипломного проекту. З інших питань викладаються тільки основні положення щодо прийнятих рішень.

Зміст розділу повинен мати творчий характер, а його виклад — відповідний науково-технічний та інженерний рівень. Не допускається підміняти розробку питань щодо оздоровлення, полегшення та безпеки праці, переписуванням ДНАОП, ГОСТів, правил, норм, інструкцій та інших нормативних документів з питань охорони праці. Викладати матеріал із прийнятих рішень необхідно в такій формі: "проектом пропонується...", "проектується...", "відповідно до (дати назву чи посилання на нормативний документ)...", "згідно з проведеними дослідженнями (конструкторсько-дослідницькими даними) рекомендується...", "вивчення показало, що..." і т. д і т. п.

Окремі положення щодо прийнятих рішень з охорони праці мають бути обов'язково підтверджені відповідними розрахунками та ілюстровані схемами, рисунками, кресленнями, графіками, діаграмами. Графічні матеріали (схеми захисних огорож, захисних та блокувальних пристосувань, сигналізації, раціональної організації робочих місць, транспортних засобів, генплану підприємства, облаштування виробничих, адміністративних та побутових приміщень, запроектованих загальнообмінних та місцевих вентиляційних установок, загального та місцевого освітлення, захисного заземлення, засобів боротьби з вібраціями та шумом, евакуаційних виходів, розташування первинних засобів пожежогасіння тощо) виконуються олівцем безпосередньо в розділі розрахунково-пояснювальної записки або графічній частині проекту.

При виконанні розділу "Охорона праці" студент-дипломник має виконати 2—3 інженерні розрахунки, що пов'язані з темою дипломного проекту. Як об`єкт для розрахунків рекомендується приймати наступне:

— необхідні площі адміністративних та побутових приміщень, їх обладнання;

— системи опалення, аерації, кондиціонування повітря, дефлектори, загальнообмінна вентиляція, камери підігрівання припливного повітря, місцеві відсмоктувачі, аспіраційні установки, повітряні завіси;

— природне освітлення (площа та кількість світлових отворів), загальне штучне освітлення цеху чи дільниці, місцеве освітлення;

— очікувані рівні шуму у виробничому приміщенні (цеху, дільниці) та на робочих місцях;

— шумоізолюючі кожухи, перегородки, екрани, шумопоглинальне облицювання стін, стелі;

— віброізоляційні фундаменти, прокладки, амортизатори;

— захисні камери, перегородки, екрани від електромагнітних чи іонізуючих випромінювань;

— захисне заземлення або занулення;

— плавкі вставки запобіжників та автоматичні вимикачі в силових і освітлювальних електричних мережах та установках, теплові реле, площа поперечного перерізу електропроводок тощо;

— запобіжні муфти, зрізні штифти, шпильки і шпонки, гальмівні пристрої, підкранові шляхи, канати, ланцюги, шліфувальні та заточувальні круги на запас міцності, допустиме число обертів шліфувального круга та ін.;

— терморегулятори, термоізоляція котлів, апаратів та сушильних пристроїв;

— ємкості під тиском, запобіжні мембрани, зворотні та запобіжні клапани;

— системи автоматичного керування, сигналізації;

— блискавкозахист будівель та споруд;

— об'ємно-планувальні та конструктивні рішення шляхів евакуації, кількість та місце розташування первинних засобів пожежогасіння, пожежне водопостачання, установки пожежної сигналізації та автоматичного пожежогасіння, визначення категорій приміщень та будівель за вибухопожежною та пожежною небезпекою, нижня та верхня границі вибуховості пило-, паро- і газоповітряних сумішей.

При виконанні розрахунків необхідно використовувати дані, які безпосередньо стосуються об'єкта, що розробляється в дипломному проекті. При цьому слід пам'ятати, що при відсутності деяких даних (наприклад при проектуванні нової техніки або технологічного процесу) можна задаватись необхідними значеннями.

Таким чином, при виконанні розділу "Охорона праці" дипломного проекту необхідно:

— суворо дотримуватись ДНАОП, ГОСТів, норм, правил, інструкцій та інших чинних нормативних документів з питань охорони праці при прийнятті та обгрунтовуванні відповідних рішень;

— питання щодо створювання здорових та безпечних умов праці супроводжувати посиланнями на нормативні документи, а в необхідних випадках — інженерними розрахунками, науково-дослідними і конструкторсько-дослідними даними;

— вибирати, розробляти та впроваджувати у виробництво найбільш раціональні та передові технологічні розробки і таку організацію виробництва та праці, яка зводить до мінімуму вплив на працюючу людину небезпечних та шкідливих виробничих факторів;

— проектувати прогресивну, з високим ступенем автоматизації техніку (машини, верстати, агрегати, пристрої тощо), при експлуатації якої виключається потенційна небезпека аварій, вибухів, пожеж, нещасних випадків, професійних захворювань, незалежно від кваліфікації та психофізіологічного стану обслуговуючого персоналу;

— розробляти заходи з профілактики травматизму, професійних захворювань, аварій, пожеж, а також щодо підвищення культури виробництва, технічної естетики, наукової організації праці, ергономіки.

Список використаної літератури з охорони праці наводиться в кінці розділу, або в загальному списку літератури (залежно від побудови розрахунково-пояснювальної записки в цілому).

Після виконання розділу "Охорона праці" студент-дипломник не пізніше ніж за 10 днів до захисту представляє його в оформленому вигляді консультанту з охорони праці. Після перевірки, консультант ставить свій підпис на титульному аркуші розрахунково-пояснювальної записки і завданні, а також листах графічної частини

проекту, які мають безпосереднє відношення до питань з охорони праці (наприклад генплан підприємства, план виробничих, адміністративних та побутових приміщень). Якщо питання охорони праці в дипломному проекті вирішені незадовільно, то консультант не ставить свого підпису, а студент-дипломник до захисту не допускається.

При захисті дипломного проекту перед Державною екзаменаційною комісією дипломатну необхідно з-поміж інших питань висвітлити основні, принципові питання з охорони праці, які розроблені в дипломному проекті.

ПРИМІРНИЙ ПЕРЕЛІК ПИТАНЬ, ЩО СКЛАДАЮТЬ ЗМІСТ РОЗДІЛУ "ОХОРОНА ПРАЦІ" ПРИ ПРОЕКТУВАННІ НОВОГО ПІДПРИЄМСТВА (ЦЕХУ, ДІЛЬНИЦІ), АБО РЕКОНСТРУКЦІЇ ДІЮЧОГО

1. Аналіз умов та знарядь праці на об'єкті (підприємстві, цеху, дільниці), що проектується. Охарактеризувати можливі потенційні небезпеки (устаткування, верстати, апарати, пристрої, транспортні засоби і т. д.) та шкідливості (речовини та матеріали, що застосовуються на виробництві, шум, вібрації, випромінювання тощо). Встановити причини можливих аварій, пожеж, вибухів, нещасних випадків, професійних захворювань. Правильний аналіз вищезазначених причин дозволяє належним чином розробити відповідні заходи та засоби щодо їх недопущення, як в конструктивно-технічному, так і організаційному плані.

2. Вибір технології, устаткування та організації виробництва з точки зору охорони праці. Навести аргументи стосовно того, що прийняті рішення сприяють полегшенню та створенню безпечних і здорових умов праці. При реконструкції необхідно провести детальний критичний аналіз існуючої технології, устаткування, організації виробництва, робочих місць та умов праці на підприємстві (в цеху, дільниці) до реконструкції, обгрунтувати прийняті рішення після реконструкції, які спрямовані на покращення та оздоровлення умов праці.

3. Генеральний план підприємства. Обгрунтувати рішення щодо розміщення виробничих та адміністративно-побутових будівель, допоміжних та підсобних споруд, місць для відпочинку працюючих, спортивних майданчиків, в'їздних воріт, прохідної, транспортних доріг і пішохідних доріжок. Визначити їх зв'язок з інфраструктурою міста, залізничними і автомобільними шляхами. Навести заходи щодо розташування санітарно-захисної зони та озеленення.

4. Виробничі будівлі та приміщення. Визначити необхідну вогнестійкість будівель виробничого призначення, їх поверховість, площу поверху в межах пожежного відсіку. Обгрунтувати розміщення виробничих приміщень у межах будівлі та поверху. Перерахувати виробничі цехи та відділення, які згідно з вимогами виробничої санітарії або пожежної безпеки повинні бути ізольованими. Охарактеризувати вибір виду покриття чи обробки внутрішніх поверхонь та конструкцій виробничих приміщень (підлоги, стелі, стін, колон). Обгрунтувати раціональність запропонованого розташування основного та допоміжного устаткування, проходів та проїздів у цеху (дільниці), організації робочих місць (навести план виробничого цеху чи дільниці або схему організації робочого місця).

5. Адміністративні та побутові приміщення. Розрахувати необхідну кількість та площі адміністративних і побутових приміщень, їх обладнання. Вибрати раціональне розташування адміністративних приміщень, а також приміщень санітарно-побутового призначення, охорони здоров'я, громадського харчування, культурного обслуговування (навести план запроектованого розташування, наприклад санітарно-побутових приміщень).

6. Опалення, вентиляція та кондиціонування повітря. Визначити параметри метеорологічних умов, які необхідно забезпечити у виробничих приміщеннях, джерела виділення шкідливих газів, парів, пилу, їх концентрації у повітрі робочих зон, можливий вплив на працівників. Висвітлити питання щодо вибору системи опалення та обладнання припливно-витяжної загальнообмінної вентиляції, різних типів місцевої припливної (повітряні душі, теплові завіси) та місцевої витяжної вентиляції (бортові відсмоктувачі, витяжні шафи, зонти, всмоктувальні панелі тощо). Обгрунтувати вибір систем опалення та вентиляції з санітарно-гігієнічної та протипожежної точок зору. Аргументувати необхідність застосування кондиціонування повітря. Вибрати потрібний тип та марку кондиціонера.

7. Природне та штучне освітлення. На основі характеристики зорових робіт та ступеня точності виробничих процесів обрати потрібну систему природного освітлення. Визначити кількість та площу світлових отворів. Обгрунтувати вибір системи штучного освітлення. Вибрати вид джерел світла, тип світильників, виходячи з санітарно-гігієнічної, світлотехнічної та протипожежної точок зору. Визначити найбільш раціональне розташування світильників у приміщенні. Передбачити (при необхідності) встановлення у виробничій будівлі та приміщеннях інших, окрім робочого, видів штучного освітлення (аварійного, евакуаційного). Обгрунтувати необхідність встановлення світильників для місцевого освітлення. Провести розрахунок загального чи місцевого штучного освітлення одним із існуючих методів (за погодженням з консультантом розділу).

8. Заходи щодо захисту від шуму та вібрацій. Необхідно оцінити чи раціонально розміщено основне та допоміжне обладнання в цеху (на дільниці), чи сприяє воно розсіюванню звукових хвиль, чи є можливість згрупувати найбільш "шумне" обладнання та відокремити його від інших робочих місць. Визначити джерела шуму та розрахувати сумарний очікуваний рівень шуму в цеху та на окремих робочих місцях. Обгрунтувати вибір заходів щодо захисту працівників від дії шуму, зокрема, шляхом застосування акустичної обробки приміщень (звукопоглинальне облицювання стін та стелі, штучні звукопоглиначі різних конструкцій тощо), встановлення звукоізолюючих кабін, перегородок, екранів, кожухів, застосування індивідуальних засобів захисту. Визначити джерела вібрацій та обгрунтувати запроектовані заходи щодо захисту від їх дії (застосування віброізолюючих фундаментів під верстати, еластичних прокладок, амортизаторів, компенсаційних розширювачів і вібропоглинальних з'єднань у повітроводах та ін.).

9. Заходи щодо захисту від випромінювання. Необхідно визначити джерела теплових, електромагнітних та іонізуючих випромінювань і оцінити їх рівні. Обгрунтувати необхідність застосування екранів чи інших захисних засобів для різних видів випромінювань.

10. Заходи електробезпеки. Необхідно визначити категорію приміщення щодо небезпеки ураження людей електричним струмом та характеристику середовища в приміщенні (згідно ПВЕ). Вибрати необхідний тип електропроводки, спосіб її прокладання,

вид виконання електродвигунів, пускорегулювальної апаратури залежно від класу вибухопожежної небезпеки приміщення (зони) та характеристики середовища в ньому. Обгрунтувати запроектовані заходи та засоби електробезпеки (захисне заземлення чи занулення, застосування малих напруг, блокувальних пристосувань, загороджувальних пристроїв, електричний поділ мережі, ізоляція струмопровідних елементів тощо). Передбачити заходи (при необхідності) щодо запобігання появі та накопичення статичних електричних зарядів.

11. Заходи пожежної безпеки. Визначити до якої категорії за вибухопожежною та пожежною небезпекою належить виробнича будівля та окремі приміщення. Провести класифікацію приміщень (зон) за вибуховою та пожежною небезпекою. Вибрати ступінь вогнестійкості будівлі, а також необхідні межі вогнестійкості будівельних конструкцій. Обгрунтувати необхідність встановлення протипожежних перекрить та перепон, а також застосування автоматичних установок пожежогасіння. Розробити об'ємно-планувальні та конструктивні рішення шляхів евакуації. Визначити необхідну кількість та місця розташування первинних засобів пожежогасіння. Запроектувати протипожежне водопостачання у виробничій будівлі. Навести схему протипожежного водогону, вказавши на ній місця встановлення пожежного обладнання (пожежних кранів, спринклерних або дренчерних установок водяного пожежогасіння). Розробити систему пожежного зв`язку та сигналізації.

12. Блискавкозахист будівель та споруд. Враховуючи інтенсивність грозової діяльності в місцевості, де розташоване підприємство, ступінь вогнестійкості його будівель та споруд, їх приналежність до відповідного класу за вибухопожежною небезпекою (згідно з ПВЕ) визначити зону захисту (А чи Б) та категорію блискавкозахисту (I, II або III) будівель та споруд, що потребують захисту. Коротко викласти заходи щодо захисту будівель та споруд від первинних та вторинних проявів атмосферної електрики. Обгрунтувати вибір типу блискавковідводів. Визначити висоту та зону захисту вибраного блискавковідводу. Розрахувати опір заземлювального пристрою блискавковідводу.

ПРИМІРНИЙ ПЕРЕЛІК ПИТАНЬ, ЩО СКЛАДАЮТЬ ЗМІСТ РОЗДІЛУ "ОХОРОНА ПРАЦІ" ПРИ ПРОЕКТУВАННІ НОВОГО УСТАТКУВАННЯ, АБО МОДЕРНІЗАЦІЇ ДІЮЧОГО

1. Переваги об'єкта, що проектується (машини, агрегату, верстату, апарату, механізму, приладу, установки, пристрою тощо) з точки зору охорони праці. Провести порівняльний аналіз існуючого аналогічного устаткування та запроектованого, і показати переваги останнього з точки зору техніки безпеки, ергономіки, технічної естетики: зручність та безпека при експлуатації, ремонті, налагодженні, монтажі, демонтажі устаткування; зменшення трудомісткості виконання технологічних операцій на основі фізіологічної оцінки рухів працівника під час роботи; ергономічна розробка органів керування; застосування надійніших запобіжних та блокувальних пристосувань, гальмівних пристроїв, систем сигналізації, захисних огорож; зниження концентрації шкідливих речовин у повітрі робочої зони; зменшення металота енергоємності устаткування; зниження рівнів шуму та вібрації; покращення зовнішнього вигляду устаткування, його архітектурно-структурної форми та ін.

2. Аналіз потенційних небезпек та шкідливостей під час експлуатації устаткування. Визначити небезпечні та шкідливі виробничі фактори (фізичні, хімічні, біологічні та психофізіологічні), що можуть мати місце під час експлуатації устаткування, оцінити ступінь впливу кожного фактора на працівника. Охарактеризувати причини можливих аварій, пожеж, нещасних випадків та професійних захворювань.

3. Технічні засоби безпеки, що передбачені проектом.

3.1. Захисні огорожі. Визначити найбільш травмонебезпечні зони устаткування, що потребують встановлення захисних огорож (матеріали, заготовки, вироби та частини устаткування, що рухаються; струмопровідні неізольовані частини; відлітаючі частинки матеріалу, що обробляється; бризки розплавленого металу, хімічних речовин, розчинів, мастильно-охолоджувальних рідин тощо). Обгрунтувати вибір виду захисної огорожі (суцільна, сітчаста, з прозорих матеріалів, комбінована) та її конструктивного виконання. Аргументувати доцільність встановлення захисних огорож з автоматичним блокуванням. Розрахувати міцність захисної огорожі із врахуванням зусиль, які виникають при можливій дії на неї працівника, частин устаткування, що зруйнувались, агресивних речовин, що викидаються. Навести рисунок конструктивного виконання захисної огорожі, її закріплення та фіксацію на устаткуванні.

3.2. Запобіжні пристосування. Обгрунтувати вибір відповідних запобіжних пристосувань (зрізних шпильок, штифтів та шпонок, муфт тертя, плавких запобіжників, спеціальних реле, кінцевих вимикачів, пневматичних контакторів, запобіжних клапанів, контактних термометрів та манометрів, терморегуляторів та ін.), призначених для попереджування поломок окремих частин устаткування та аварійних ситуацій, а відтак — небезпеки травмування працівників.

3.3. Блокувальні пристрої. Обгрунтувати вибір відповідних типів блокувальних пристроїв (механічні, пневматичні, гідравлічні, електричні, електронні, фотоелектричні), та місць їх встановлення. Якщо це оригінальна розробка, то навести принципову схему пристрою та описати її роботу.

3.4. Засоби сигналізації та індикації. Охарактеризувати вибір засобів сигналізації (звукові, світлові) для сповіщення обслуговуючого персоналу про подачу напруги на устаткування, його пуск, несправності відповідальних вузлів та механізмів, порушення режимів роботи чи технологічного процесу, виникнення аварійних ситуацій тощо. Обгрунтувати необхідність застосування засобів індикації (показників тиску, напруги, температури, рівня води, мастила). Визначити місця встановлення засобів сигналізації та індикації. Навести рисунок (при необхідності) панелі сигналізації та індикації.

4. Засоби автоматизації та механізації. Визначити технологічні операції на устаткуванні, які необхідно було б механізувати та (або) автоматизувати (трудомісткі, важкі, небезпечні, монотонні, високоточні, такі, що потребують значної швидкодії з боку обслуговуючого персоналу). Обгрунтувати вибір засобів механізації та (або) автоматизації (пристрої для встановлення заготовок, завантаження, транспортування, міжопераційного оброблення, автоматизованого контролю, програмованого керування та ін.).

5. Організація робочих місць. Розробити раціональну організацію робочих місць, яка б забезпечувала високу ефективність та безпеку праці при виконанні кожної технологічної операції. Передбачити на робочих місцях необхідні площі для розміщення

основного та допоміжного устаткування, а також відповідних пристосувань. Навести схеми організації основних робочих місць.

6. Боротьба з шумом та вібраціями. Обгрунтувати вибір методів та засобів боротьби з шумом та вібраціями: зменшення рівнів шуму та вібрацій в джерелах, що їх створюють (заміна механізмів ударної дії — безударними, зворотно-поступальних рухів — обертовими з постійною швидкістю, точне зрівноважування механізмів та вузлів, що обертаються, застосування незвучних металів і неметалевих матеріалів, з'єднання деталей, що співударяють з матеріалами, які мають велике внутрішнє тертя тощо); застосування засобів звуко- та віброізоляції (звукоізолюючі кожухи, віброізолюючі фундаменти), а також звуко- та вібропоглинання (покриття внутрішніх поверхонь кожухів звукопоглинальними матеріалами та смолками, застосування еластичних прокладок та амортизаторів).

7. Захист від променистого тепла та високих температур. Розрахувати теплоізоляцію котлів, печей, сушарок та інших нагрівальних пристроїв. Вибрати матеріал теплоізоляційного кожуха, або захисного екрана. Визначити товщину та конструкцію засобу для захисту від променистого тепла.

8. Вентиляційні та аспіраційні установки. Проаналізувати технологічні операції, що виконуються на запроектованому устаткуванні та виявити місця, де можуть утворюватися та виділятися в робочу зону шкідливі гази, пари, пил. Провести відповідні розрахунки та вибрати найбільш раціональний тип та конструкцію місцевої вентиляційної чи аспіраційної установки. Навести схему її розміщення та закріплення.

9. Місцеве освітлення. Обгрунтувати необхідність встановлення на устаткуванні місцевого освітлення. Вибрати необхідне значення напруги, тип джерела світла, вид та конструктивне виконання світильника. Навести схему закріплення світильника місцевого освітлення на корпусі устаткування.

10. Електробезпека. Враховуючи клас вибухо- та пожежонебезпеки приміщення (відповідно до ПВЕ), в якому буде встановленно устаткування (верстат, пристрій, прилад, апарат і т. п.), вибрати необхідне виконання електродвигунів та пускорегулювальної апаратури, тип електропроводки, спосіб її прокладання по конструктивних елементах устаткування, вид роз'ємів та під'єднання електропроводів. Обгрунтувати необхідність застосування захисних огорож, блокування, запобіжних пристроїв, заземлення, занулення, відключення тощо. Розрахувати систему захисного заземлення чи занулення (дані для розрахунку узгодити з консультантом розділу). Визначити місця устаткування, на яких необхідно нанести знаки електробезпеки.

11. Пожежна безпека. Проаналізувати причини займань та пожеж, що можуть статися під час експлуатації запроектованого устаткування (довготривалі перевантаження електромереж, короткі замикання, значні перехідні опори, іскроутворення, наявність джерел відкритого вогню, застосування нагрівальних пристроїв, поява та накопичення статичних зарядів і т. д.) та передбачити засоби щодо їх недопущення (плавкі запобіжники, автоматичні вимикачі, теплові реле, іскрогасники, термоізоляційні покриття, нейтралізатори статичних зарядів, вилучення або ізоляція джерел відкритого вогню, вибір електропроводів з відповідною площею поперечного перерізу провідника тощо). Визначити які первинні засоби пожежогасіння можна використовувати при виникненні займання під час експлуатації устаткування.

В додатку наведено питання з охорони праці, які необхідно вирішити (врахувати) при проектуванні нового або модернізації діючого устаткування.

Розділ 1

ГЕНЕРАЛЬНИЙ ПЛАН ПІДПРИЄМСТВА. ОБЛАДНАННЯ ВИРОБНИЧИХ, АДМІНІСТРАТИВНИХ ТА ПОБУТОВИХ ПРИМІЩЕНЬ

1.1. РОЗМІЩЕННЯ ПІДПРИЄМСТВА ТА ПЛАНУВАННЯ ЙОГО ТЕРИТОРІЇ

Правильне розміщення підприємства та планування його територіїї відіграє важливу роль не лише у створенні здорових та безпечних умов праці, а також у захисті населення, що проживає неподалік підприємства, від шкідливого виливу виробничих викидів (газів, парів, пилу, кіптяви, стічних вод) та інших несприятливих факторів (шуму, вібрації, електромагнітних випромінювань тощо).

Першим і дуже важливим заходом є правильний вибір майданчика для розміщення підприємства. Під будівництво промислового підприємства слід вибирати майданчик із врахуванням аеродинамічної характеристики та рельєфу місцевості, умов туманоутворення та розсіювання в атмосфері промислових викидів, а також близькості транспортних шляхів та інженерних комунікацій. Майданчик повинен мати зручний зв'язок з населеним пунктом та іншими об'єктами, що забезпечують максимальну можливість кооперування складського господарства, систем транспорту, газо-, енерго-, водопостачання, зв'язку, пожежної охорони, громадського харчування, медичного обслуговування і т. д. Слід зазначити, що при виборі місця розташування підприємства необхідно враховувати вплив вже існуючих джерел викидів та створюваного ними тла забруднення.

Проект розташування на територіїї підприємства будівель, споруд, інженерних комунікацій, санітарно-захисних зон, майданчиків для відпочинку та занять спортом, пішохідних доріжок, автомобільних та залізничних доріг називається *генеральним планом* промислового підприємства. Основою для розробки генплану підприємства є передбачені до впровадження технологічні процеси та устаткування, а також функціональні зв'язки між об'єктами. Виробничі будівлі та споруди, як правило, розташовують за ходом технологічного процесу, що забезпечує зменшення виробничих площ, виключає зустрічні та зворотні потоки, зайві вантажно-розвантажувальні операції. При цьому їх слід групувати з урахуванням спільності санітарних та протипожежних вимог, а також споживання електроенергії, руху транспортних та людських потоків. Розміщення транспортних доріг повинно відповідати напрямку та характеру вантажоперевезень.

При розробці генерального плану підприємства його територію умовно поділяють за функціональним призначенням, тобто здійснюють зонування. Виділяють наступні зони на генпланах промислових підприємств:

I зона — адміністративна та побутова (заводоуправління, конструкторське бюро, будівлі охорони здоров'я, громадського харчування, культурного обслуговування, санітарно-побутового призначення);

II зона — виробнича (будівлі та споруди виробничого циклу);

III зона — підсобна та допоміжна (складські приміщення; енергетичне господарство — котельні, газогенераторні, компресорні та інші; інженерні комунікації; транспортні споруди тощо);

IV — озеленення та благоустрою (санітарно-захисні зони, майданчики для відпочинку, заняття спортом).

Вирішуючи питання зонування необхідно враховувати „троянду вітрів" та рельєф місцевості. *„Троянда вітрів"* — це векторна діаграма, що характеризує режим вітру в даній місцевості за багаторічними спостереженнями (рис. 1.1). Довжина променів цієї векторної діаграми пропорційна повторюваності вітрів цього напрямку, що дмухають до центру „троянди".

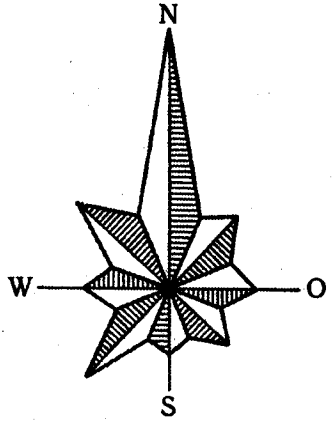


Рис. 1.1. Приклад „троянди вітрів"

На основі „троянди вітрів" визначають напрямок пануючих вітрів у даній місцевості і проектують виробничу зону на генплані підприємства з підвітряного боку стосовно адміністративної та побутової, а також підсобної та допоміжної зон. Окремі будівлі та споруди розташовуються на майданчику таким чином, щоб у місцях організованого повітрозабору системами вентиляції (кондиціонування повітря) вміст шкідливих речовин у зовнішньому повітрі не перевищував 30% ГДК для повітря робочої зони виробництв. При розташуванні будівель відносно сторін світу необхідно прагнути до створення сприятливих умов для природного освітлення. Відстань між будівлями, які освітлюються через вікна повинна бути не менше висоти до верхнього карниза найвищого із розташованих навпроти будівель.

При розробці генеральних планів, зокрема розташування будівель та споруд на території підприємства необхідно враховувати не лише санітарно-гігієнічні вимоги, а також вимоги пожежної безпеки. Так, мінімально допустимі протипожежні відстані між будівлями та спорудами приймаються залежно від їх ступеня вогнестійкості (табл. 1.1).

Таблиця 1.1

Найменші відстані (розриви) між будівлями, спорудами залежно від ступеня їх вогнестійкості

Ступінь вогнестійкості будівлі чи споруди	Розриви (*м*) при ступені вогнестійкості іншої будівлі або споруди		
	I та II	III	IV та V
I та II	9	9	12
III	9	12	15
IV та V	12	15	18

Таким чином, перш ніж приступити до розробки генерального плану необхідно визначити ступінь вогнестійкості всіх будівель та споруд, що будуть розташовані на території підприємства.

Визначивши необхідні відстані (розриви) між будівлями та спорудами з урахуванням санітарно-гігієнічних та протипожежних вимог при розробці генпланів підприємств приймають у підсумку більші значення.

Згідно з "Державними санітарними правилами планування та забудови населених пунктів" підприємства, їх окремі будівлі та споруди з технологічними процесами, що є джерелами забруднення навколишнього середовища хімічними, фізичними чи біологічними факторами, при неможливості створення безвідходних технологій повинні відокремлюватись від житлової забудови санітарно-захисними зонами (СЗЗ). Розмір санітарно-захисної зони визначають безпосередньо від джерел забруднення атмосферного повітря до межі житлової забудови. Джерелами забруднення повітря є: організовані (зосереджені) викиди через труби і шахти; розосереджені — через ліхтарі промислових споруд; неорганізовані — відкриті склади та підвали, місця завантаження, місця для збереження промислових відходів.

Для підприємств, що є джерелами забруднення атмосфери промисловими викидами (залежно від потужності, умов здійснення технологічного процесу, кількісного та якісного складу шкідливих виділень тощо), встановлені такі розміри санітарно-захисних зон відповідно до класу шкідливості підприємств: I клас — 1000 *м*, II клас — 500 *м*, III клас — 300 *м*, IV клас — 100 *м*, V клас — 50 *м*.

До I, II та III класу належать, в основному, підприємства хімічної та металургійної промисловості, деякі підприємства з видобутку руди, виробництва будівельних матеріалів.

До IV класу, поряд з підприємствами хімічної та металургійної промисловості, належать підприємства металооброблювальної промисловості з чавунним (в кількості до 10 000 тонн/рік) та кольоровим (в кількості до 100 тонн/рік) литвом, ряд підприємств з виробництва будівельних матеріалів, обробки деревини, багато підприємств текстильної, легкої, харчової промисловості та ін.

До V класу, крім деяких виробництв хімічної та металургійної промисловості, належать підприємства металооброблювальної промисловості з термічною обробкою без ливарних процесів, великі друкарні, меблеві фабрики та ін.

Санітарно-захисні зони повинні бути озеленені, адже саме тоді вони повною мірою можуть виконувати роль захисних бар'єрів від виробничого пилу, газів, шуму. Озеленені ділянки повинні складати не менше ніж 10—15% загальної площі підприємства.

На території підприємства рекомендується передбачати впорядковані майданчики для відпочинку та занять спортом. Такі майданчики належить розміщувати з навітряної сторони виробничих будівель, що викидають у атмосферу шкідливі речовини.

З точки зору зручності забудови найкращою формою майданчика є прямокутник, що межує поздовжньою стороною з вулицею. На цій стороні, як правило, розміщують фасад будівлі та проектують головний в'їзд та виїзд. Розміри воріт, проїздів та вид шляхового покриття встановлюється залежно від специфіки підприємства, типу і виду транспорту. Розмір воріт і проїздів при застосуванні автомобільного транспорту має бути більше за ширину машини, що використовується, а 1,5 *м*, але не менше 4,5 *м*, залізничних воріт — не менше 4,9 *м*. Якщо на території нема „петльового" об'їзду, в тупиках влаштовують майданчики для розвороту машин розміром не менше 12х12 *м*.

Проектуючи шляхи руху людей необхідно врахувати, що вони повинні забезпечувати найкоротші маршрути, бути зручними, та якнайменше перетинатись з автошляхами та залізничними коліями. Якщо такий перетин все ж таки має місце, то він повинен здійснюватись під прямим кутом у місцях з хорошим оглядом. Пішохідні доріжки (тротуари) повинні бути заасфальтовані або вимощені та мати ширину не менше 0,9 *м*.

При проектуванні генерального плану найчастіше приймають прямокутну форму будівель: шириною 12—18—24 *м* і довжиною до 200 *м*. Для того, щоб скоротити довжину будівлі й забезпечити її компактність, іноді прямокутну форму плану будівлі замінюють „Г"-, „П"-, „Т"- або „Ш"-видною із збереженням тої ж ширини і загальної площі будівлі. Однак слід мати на увазі, що при цьому погіршуються умови природного провітрювання. Тому будівлі складної конфігурації можна проектувати для промислових підприємств з нешкідливим виробництвом.

Найкращі умови для природного провітрювання створюються тоді, коли будівлі та споруди розташовані під кутом 0—45^0 до напрямку пануючих у даній місцевості вітрів.

Отже, основні положення щодо розробки генерального плану промислового підприємства можна звести до наступного:

1. Генплан промислового підприємства повинен розроблятись на основі найбільш раціональної організації виробничого процесу та з урахуванням „троянди вітрів" і рельєфу місцевості.

2. Планування та забудову території підприємства необхідно узгоджувати з проектами планування житлових масивів, що знаходяться поруч та сусідніх підприємств, а також найближчими магістралями, залізничними, автомобільними та водними шляхами.

3. Будівлі та споруди виробничих цехів та складів повинні розміщуватись відповідно до послідовного ходу технологічного процесу, що дозволяє одержати постійний загальний напрямок вантажоперевезень.

4. Будівлі з адміністративними та допоміжними приміщеннями необхідно розміщувати якомога ближче до виробничих корпусів (цехів).

5. Будівлі, що є однорідними за виробничим характером та санітарно-гігієнічними і протипожежними умовами, необхідно зосереджувати окремими групами, розділивши

територію підприємства на зони, однак не порушуючи при цьому технологічної схеми їх розміщення.

6. Необхідно, щоб взаємне розташування будівель та розриви між ними не порушували діючих норм та правил щодо пожежної безпеки, санітарно-гігієнічних, світлотехнічних та інших вимог; при цьому розриви між будівлями повинні бути мінімальними, враховуючи також умови розташування інженерних мереж, транспортних шляхів та тротуарів.

7. Будівлі та споруди розташовувати по відношенню до сторін світу та напрямку пануючих вітрів таким чином, щоб були забезпечені найсприятливіші умови для їх природного освітлення та провітрювання.

8. Будівлі та виробничі корпуси, які виділяють дим, пил, гази, кіптяву, неприємні запахи розташовують з підвітряної сторони відносно інших будівель та жилих районів.

9. Якнайкраще використовувати місцеві шляхи сполучення — залізничні, автомобільні, водні.

10. Необхідно забезпечити найменший шлях руху сировини, матеріалів, напівфабрикатів та виробів по території підприємства, що гарантує найменші витрати на внутрішньозаводський транспорт.

11. На території підприємства улаштовувати автомобільні дороги та тротуари з рівним та безпиловим покриттям.

12. Необхідно керуватись наступним основним принципом: найкоротший прямолінійний шлях руху матеріалів та напівфабрикатів без зворотних та зустрічних потоків; правильність та простота контурів будівель та споруд; послідовність технологічної схеми виробничого процесу.

На рис. 1.2 наведено приклад генерального плану середнього промислового підприємства, яке не є джерелом шкідливих викидів у атмосферу, а на рис. 1.3 — автомобільного заводу з позначенням розподілу його території на зони.

Генеральні плани, як правило, викреслюють у масштабі 1:1000 або 1:500.

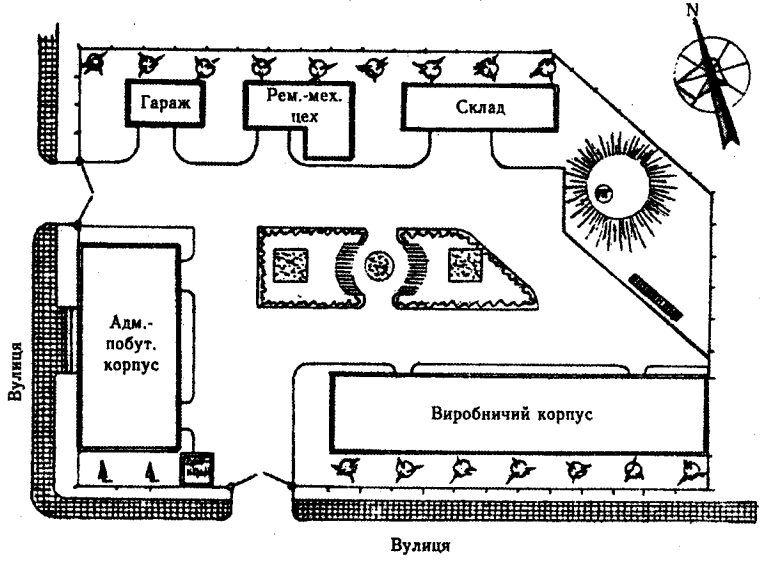


Рис. 1.2. Приклад генерального плану середнього промислового підприємства

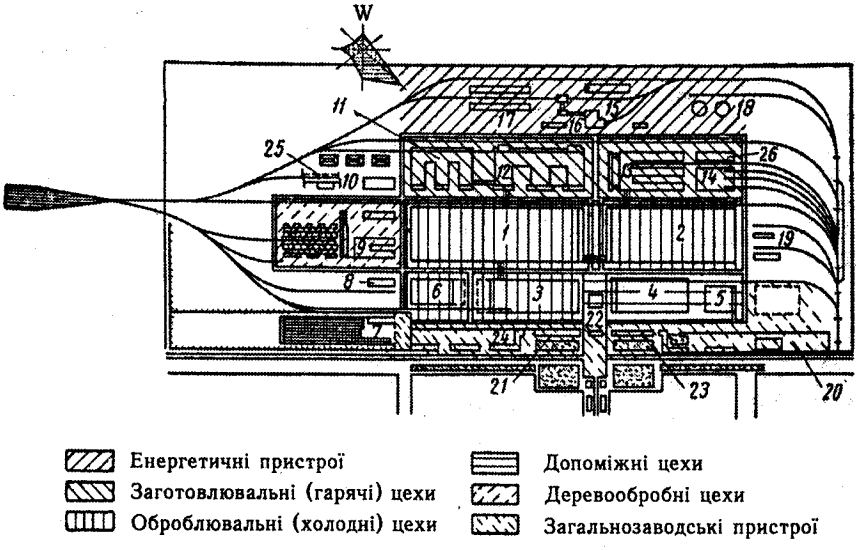


Рис. 1.3. Приклад генерального плану автомобільного заводу:
1 — цех шасі та головний збірний конвеєр; 2 — моторний цех; 3 — пресово-ковальський цех; 4 — інструментальний цех; 5 — ремонтні цехи; 6 — експериментальний цех; 7 — експедиція і склад готової продукції; 8 — головний магазин; 9 — деревообробний цех; 10 — модельний цех; 11 — ливарний цех ковкого чавуну та кольорових металів; 12 — ливарний цех сірого чавуну; 13 — ковальський цех; 14 — заготівельний цех та склад металу; 15 — ТЕЦ; 16 — газогенераторна станція; 17 — склад вугілля; 18 — склад вогненебезпечних матеріалів; 19 — склад хімікатів; 20 — гаражі; 21 — заводоуправління; 22 — прохідна; 23 — лабораторія; 24 — їдальня; 25 — станція розробки скрапу; 26 — ресорний цех.

1.2. ВИРОБНИЧІ БУДІВЛІ ТА ПРИМІЩЕННЯ

Основні вимоги до будівель виробничого призначення викладені в СНиП 2.09.02—85.

При проектуванні виробничих будівель необхідно виходити з того, що об'ємно-планувальні рішення як самих будівель, так і приміщень повинні забезпечувати можливість реконструкції та технічного переоснащення виробництва, зміни технологічних процесів та переходу на нові види продукції. Якщо в дипломному проекті виконується реконструкція конкретного об'єкта, то з метою покращення умов праці, або збільшення її продуктивності, а також при застосуванні нового устаткування чи технологічних процесів, будівельна частина будівлі може зазнавати певних змін у вигляді закладання існуючих віконних та дверних отворів, пробиття в стінах нових отворів, повного або часткового розбирання існуючих стін, перегородок, встановлення нових перегородок тощо. Однак такі зміни не повинні порушувати встановлених норм і правил та архітектурного вигляду будівлі, а також повинні узгоджуватись з відповідними місцевими органами санітарного та пожежного нагляду, держнаглядохоронпраці та ін.

Ступінь вогнестійкості будівель, допустиму кількість поверхів та площу поверха будівлі в межах пожежного відсіку необхідно приймати за табл. 1.2.

Таблиця 1.2

Ступінь вогнестійкості будівель, допустима кількість поверхів, площа поверху будівлі в межах пожежного відсіку залежно від категорії будівель

Категорії будівель або пожежних відсіків	Допустима кількість поверхів	Ступінь вогнестійкості будівель	Площа поверху в межах пожежного відсіку будівель, $м^2$		
			одноповерхові	багатоповерхові	
				в два поверхи	в три поверхи і більше
А, Б	6	I	Не обмежується	Не обмежується	Не обмежується
А, Б[1]	6	II	Не обмежується	Не обмежується	Не обмежується
	1	IIIа	5200	—	—
А[2]	6	II	Не обмежується	5200	3500
	1	IIIа	3500	—	—
Б[2]	6	II	Не обмежується	10 400	7800
	1	IIIа	3500	—	—
В	8	I, II	Не обмежується	Не обмежується	Не обмежується
	3	III	5200	3500	2600
	2	IIIа	25 000	10 400[3]	—
	1	IIIб	15 000	—	—
	2[4]	IVа	2600	2000	—
	2	IV	2600	2000	—
	1	V	1200	—	—
Г	10	I, II	Не обмежується	Не обмежується	Не обмежується
	3	III	6500	5200	3500
	6	IIIа	Не обмежується	Не обмежується	Не обмежується
	1	IIIб	20 000	—	—
	2[4]	IVа	6500	5200	—
	2	IV	3500	2600	—
Д	10	I, II	Не обмежується	Не обмежується	Не обмежується
	3	III	7800	6500	3500
	6	IIIа	Не обмежується	Не обмежується	Не обмежується
	1	IIIб	25 000	—	—
	2[4]	IVа	10 400	7800	—
	2	IV	3500	2600	—
	2	V	2600	1500	—

[1] — за виключенням будівель нафтопереробної, газової, хімічної і нафтохімічної промисловості;

[2] — будівлі нафтопереробної, газової, хімічної і нафтохімічної промисловості;

[3] — при обладнанні пожежонебезпечних приміщень двоповерхових будівель установками автоматичного пожежогасіння;

[4] — при висоті одно- та двоповерхових будівель не більше 18 *м*.

Висота одноповерхових будівель (від підлоги до низу горизонтальних несучих конструкцій на опорі) повинна бути не менше 3 *м*, висота поверху багатоповерхової будівлі (від підлоги сходової площадки даного поверху до підлоги сходової площадки поверху над ним), за винятком висоти технічних поверхів, повинна бути не менше 3,3 *м*. В приміщеннях висота від підлоги до низу конструктивних елементів перекриття (покриття) повинна бути не менше 2,2 *м*, висота від підлоги до низу частин комунікацій та устаткування, що виступають, у місцях регулярного проходу людей та на шляхах евакуації — не менше 2 *м*, а в місцях нерегулярного проходу людей — не менше 1,8 *м*. Галереї, містки, сходи і майданчики повинні бути завширшки не менше 1 *м* і загороджені поруччями висотою 1 *м* і внизу повинні мати бортики висотою 0,2 *м*.

Всі майданчики, які розташовані на висоті понад 260 *мм* від підлоги, повинні мати поруччя. Металеві сходи для обслуговування обладнання встановлюються під кутом, що не перевищує 45^0 з відстанню між сходинками 230—260 *мм* і шириною сходів 250—300 *мм*. Для обслуговування обладнання, котре відвідується 1—2 рази на зміну і яке розташоване на майданчиках з різницею у відмітках не більше 3 *м*, допускається кут нахилу сходів 60^0.

Поруччя фарбують у жовтий (червоний) колір, а стояки — у білій. Сходи виготовляються ребристими або із смугастої сталі.

Ширина виходів з приміщень має бути не меншою 1 *м*, висота — 2,2 *м*. При русі транспорту через двері (ворота) їх ширина повинна бути на 0,8 *м* більшою з обох боків за габарити транспорту. Ширина основних проходів всередині цехів та дільниць повинна бути не менше 1,5 *м*, а ширина проїздів — не менше 2,5 *м*.

Двері та ворота, що ведуть безпосередньо назовні, необхідно обладнати тамбурами або повітряними (тепловими) завісами.

Якщо в одній будівлі необхідно розмістити виробничі приміщення, до яких з точки зору промислової санітарії та пожежної профілактики висуваються різні вимоги, то необхідно їх групувати таким чином, щоб вони були ізольованими одні від одних. Цехи, відділення та дільниці зі значними шкідливими виділеннями, надлишком тепла та пожежонебезпечні необхідно розташовувати біля зовнішніх стін будівлі і, якщо допустимо за умовами технологічного процесу та потоковістю виробництва — на верхніх поверхах багатоповерхової будівлі. Не можна розташовувати нешкідливі цехи та дільниці (наприклад, механоскладальні, інструментальні, ЕОМ тощо), а також конторські приміщення над шкідливими, оскільки при відкриванні вікон гази та пари можуть проникати в ці приміщення.

Приміщення, де розташовані електрощитове, газорозподільне, вентиляційне, компресорне та інші види обладнання підвищеної небезпеки повинні бути постійно зачиненими на ключ, з тим, щоб в них не потрапили сторонні працівники.

З метою запобігання травматизму у виробничих приміщеннях необхідно застосовувати попереджувальне пофарбування будівельних конструкцій та знаки безпеки (ГОСТ 12.4.026—76 „Цвета сигнальные и знаки безопасности"). Наприклад, жовтим кольором (або із чорними смугами) фарбують низько розташовані над проходами конструкції, звуження проїздів, малопомітні сходинки, виступи та перепади в площині підлоги.

Для обробки та захисту внутрішніх поверхонь конструкцій приміщень від дії шкідливих та агресивних речовин (наприклад, кислот, лугів, свинцю) та вологи використовують керамічну плитку, кислотостійку штукатурку, олійну фарбу, які перешкоджають сорбції цих речовин та допускають миття поверхонь.

Підлоги виробничих приміщень повинні бути зносостійкими, теплими, неслизькими, щільними, легко очищуватись, а в деяких цехах та дільницях — волого-, кислото- та вогнестійкими. Через підлогу в інші приміщення не повинні проникати вода, мастила, шкідливі речовини, гази. Покриття підлог вибирається залежно від характеру виробництва за СНиП 2.03.13-88.

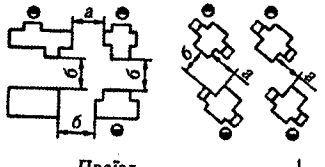
Об'єм виробничих приміщень на одного працівника згідно з санітарними нормами повинен складати не менше 15 $м^3$, а площа приміщень — не менше 4,5 $м^2$. Відповідно до ДНАОП 0.00-1.31-99 площа, на якій розташовується одне робоче місце з ВДТ, повинна становити не менше 6,0 $м^2$, а об'єм приміщення — не менше 20 $м^3$.

Важливе значення для здорових та безпечних умов праці мають раціональне розташування основного та допоміжного устаткування, виробничих меблів, а також правильна організація робочих місць. Порядок розташування устаткування і відстані між верстатами визначаються їхніми розмірами, технологічними вимогами і вимогами техніки безпеки. Однак, у всіх випадках, до устаткування, що має електропривід, повинен бути вільний підхід з усіх сторін шириною не менше 1 *м* зі сторони робочої зони і 0,6 *м* — зі сторони неробочої зони. Виробничі меблі (шафи, стелажі, столи тощо) можна ставити впритул до конструктивних елементів будівлі — стін, колон.

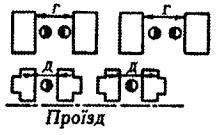
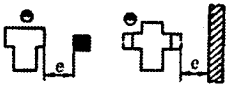
Нормовані відстані, яких необхідно дотримуватись при плануванні виробничих приміщень з металорізальними верстатами, наведені в табл. 1.3—1.5.

Таблиця 1.3

Норми відстаней між верстатами, а також від верстатів до стін та колон будівель

Характер розташувальних верстатів	Позначення	Габаритні розміри верстатів			
		1800х800	4000х2000	8000х40 000	16 000х6000
1	2	3	4	5	6
	а	700	900	1300	1800
	б	700	800	1000	1300
	в	1300	1500	1800	—

Продовження табл. 1.3

1	2	3	4	5	6
	г	2000	2500	2800	—
	д	1300	1500	—	—
	е	700	800	900	1000
	ж	1300	1500	1800	—

Примітки: 1. Відстані вказані від габаритних розмірів верстатів із врахуванням крайніх положень рухомих частин, постійних захисних огорож.

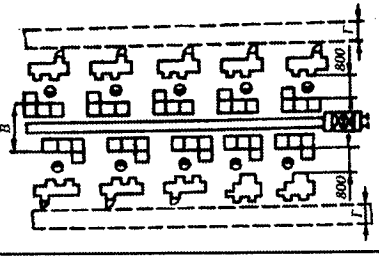
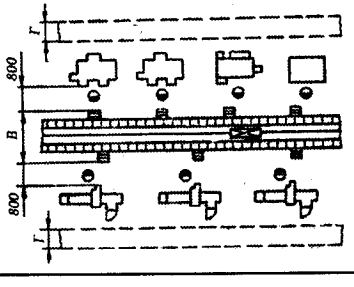
2. При неоднакових розмірах двох сусідніх верстатів відстань між ними приймається за більшим розміром.

3. У випадку розташування каналів для транспортування стружки між тильними сторонами двох рядів верстатів, що встановлені на загальній фундаментній плиті, відстань між ними приймається при транспортуванні витої стружки на 400 *мм* менше ніж при транспортуванні подробленої стружки. Для верстатів, які встановлюються на індивідуальні фундаменти, відстань між фундаментами повинна бути при транспортуванні подробленої стружки не менше 600 *мм*, а витої стружки — не менше 1000 *мм*.

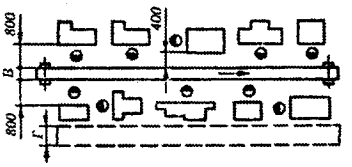
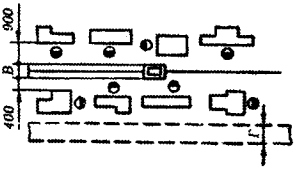
4. У випадку обслуговування верстатів мостовими або підвісними кранами відстані від стін та колон до стояків приймаються із враховуванням можливості обслуговування при крайньому положенні гака крану.

Таблиця 1.4

Норми відстані між поточними лініями верстатів з механізованим міжопераційним транспортом

Вид транспорту	Схема потокових ліній
1	2
Каретка-оператор з приймально-передавальними столами	
Автоматизована транспортно-складська система	

Продовження табл. 1.4

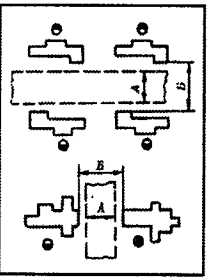
1	2
Стаціонарний конвеєр (роликовий, стрічковий, пластинчатий і т. д.)	
Підвісний конвеєр або талі на монорельсі	

Примітки: 1. Ширина В для механізованого міжопераційного транспорту приймається згідно з розмірами деталей або тари з деталями.

2. Ширина Г пішохідних проходів дорівнює 1500 *мм*.

Таблиця 1.5

Норми ширини магістральних проїздів у механічних цехах

Транспортні засоби	Ширина проїзду А, *мм*	Відстань між верстатами, Б, *мм*	
Електровізки (електропари) та електронавантажувачі	4 500	5 000	
Автомобілі, автонавантажувачі та ін.	5 500	6 000	

Планування виробничого цеху (дільниці) — це план розміщення в приміщенні цеху виробничого, підйомно-транспортного та іншого технологічного устаткування, інженерних мереж, робочих місць, проїздів, проходів. Планування — досить складний та відповідальний етап проектування, оскільки в процесі його розробки необхідно скоординувати та вирішити питання щодо організації виробництва, оптимізації технологічних процесів, вибору транспортних засобів, раціональної організації праці, відповідно до вимог охорони праці, пожежної безпеки, технічної естетики. Тому, як правило, розробляють кілька робочих планів цеху і лише після їх порівняльної оцінки роблять висновок щодо кінцевого варіанту.

При розробці плану виробничого цеху (дільниці) необхідно враховувати наступні основні вимоги:

1. Технологічне устаткування необхідно розміщувати в цеху таким чином, щоб забезпечувалась потоковість виробничого процесу, починаючи від складу або місця надходження заготовок у цех та закінчуючи пунктом відправлення кінцевої продукції цеху. При цьому необхідно проектувати найкоротші транспортні шляхи.

2. Дільниці зі шкідливими виділеннями та небезпечні в пожежному відношенні повинні бути ізольовані і розміщуватись біля зовнішніх стін будівлі.

3. Розміщення технологічного устаткування, проходів та проїздів повинно гарантувати зручність та безпеку праці; можливість монтажу, демонтажу та ремонту устаткування; зручність подавання та передавання заготовок, інструментів, виробів; простоту та надійність виведення відходів від робочих місць. Фронт верстатів (та частина верстату, на якій розміщені органи керування і біля якої знаходиться робоче місце верстатника) повинен бути прямолінійним. Різноманітні вигини рядів верстатів допускаються лише у виняткових випадках.

4. Планування розміщення технологічного устаткування необхідно узгоджувати із запроектованими підйомно-транспортними засобами. Необхідно передбачати найкоротші шляхи переміщення заготовок, інструментів, виробів у процесі виробництва. Особливу увагу необхідно приділяти організації робочих місць, раціональному їх оснащенню згідно з вимогами наукової організації праці. Передбачати місця для міжопераційного накопичування заготовок та напівфабрикатів.

5. Необхідно максимально використовувати можливості щодо механізації та автоматизації виробничих, а також транспортних процесів, що сприяє полегшенню праці, підвищенню її безпеки.

На рис. 1.4 наведено приклад дільниці механічного оброблення деталей з використанням автоматизованих транспортно-накопичувальних систем. В лівому крилі дільниці по всій її ширині розміщено механізований комплектувальний склад

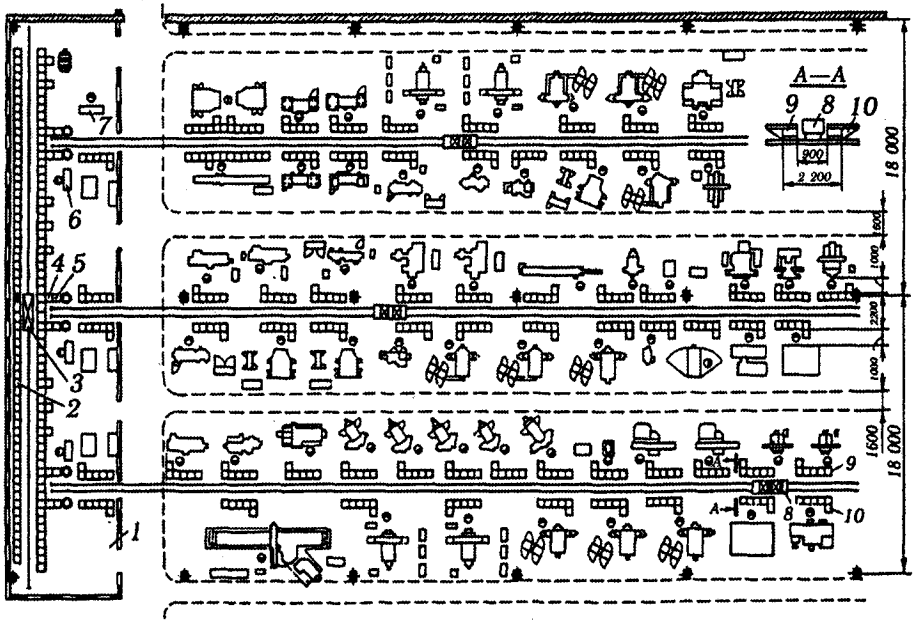


Рис. 1.4. Приклад плану дільниці механічного оброблення з автоматизованою транспортно-складською системою

1. Заготовки, напівфабрикати, інструменти, приспосіблення зберігаються в тарі на багатоярусних стелажах *2* і подаються автоматизованим краном-штабелером *3*.

Дільниця має три згруповані потокові лінії механічного оброблення деталей типу тіл обертання. Для кожної лінії передбачена своя дільниця комплектування, обладнана рольгангом *4* з поворотним столом *5* для приймання та видачі тари, а також диспетчерським пультом *6* для зв'язку з робочими місцями лінії. Керування автоматизованим краном-штабелером здійснюється з контрольно-диспетчерського пульту *7*. В цій зоні знаходиться приймально-відпускний майданчик складу. Транспортування скомплентованої партії заготовок, інструментів, приспосіблень на робочі місця здійснюється кареткою-оператором *8* з телескопічним столом за командою з диспетчерського пульту *6*. Кожне робоче місце обладнано п'ятимісним столом *9* (3 місця для накопичування тари; 1 — приймання; 1 — відправлення). Передачу тари з одного місця на інше верстатник здійснює за допомогою консольно-рухомої секції *10*.

Основним елементом виробничої структури підприємства є робоче місце, від правильної організації якого суттєво залежить ефективність та безпека кожної технологічної операції та виробничого процесу в цілому. Тому важливо, щоб організація та стан робочих місць забезпечували зручні та безпечні дії з матеріалами, заготовками, напівфабрикатами, а також технічне обслуговування та ремонт виробничого устаткування. Конструкція робочого місця, його розміри та взаємне розташування органів керування, відображення інформації повинні відповідати антропометричним, фізіологічним та психофізіологічним особливостям людини, а також характеру виконуваної роботи. На робочих місцях повинна бути передбачена площа, на якій розміщуються стелажі, тара, столи, пристрої для зберігання та накопичування оснастки, матеріалів, заготовок, напівфабрикатів, готових деталей та відходів виробництва.

Типові схеми організації робочих місць верстатників наведені на рис. 1.5 та 1.6.

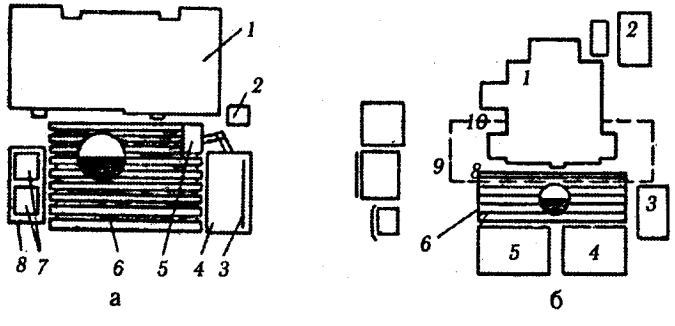


Рис. 1.5. Типові схеми організації робочих місць верстатників:
а — токара: 1 — верстат (мод. 16К20); 2 — ящик для сміття; 3 — планшет для креслень; 4 — тумбочка для інструментів; 5 — лоток для інструменту; 6 — решітка; 7 — тара; 8 — приймальний стіл; б — токара-розточувальника: 1 — верстат (мод. 2431); 2, 10 — стелажі; 3 — приймальний столик; 4, 5 — стелажі-підставки; 6 — решітка; 7 — крісло; 8 — тумбочки для інструментів; 9 — планшет

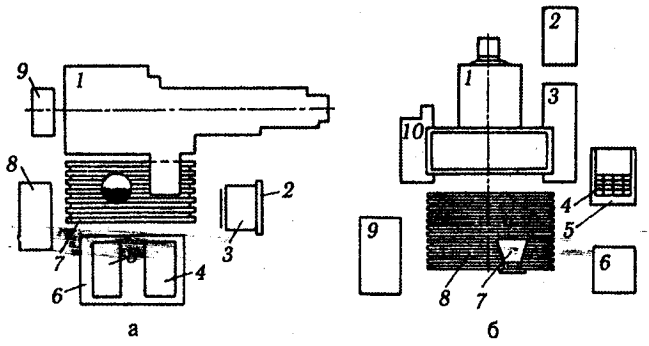


Рис. 1.6. Типові схеми організації робочих місць верстатників:
а — стругальника: 1 — верстат (мод. 7307Д); 2 — планшет; 3 — тумбочки для інструментів; 4, 5 — тара; 6 — стелаж-підставка; 7 — решітка; 8 — приймальний стіл; 9 — ящик для стружки; б — шліфувальника: 1 — верстат (мод. 3Е711-В1); 2 — електрична шафа; 3 — гідростанція; 4 — касета; 5 — стелаж; 6 — приймальний стіл; 7 — крісло; 8 — решітка; 9 — столик; 10 — бак для МОР

Приклад 1.1. Розробити план дільниці механічного оброблення деталі типу „Важіль" механо-складального цеху.

Відповідно до заданої річної програми випуску деталі попередніми розрахунками встановлено, що на дільниці необхідно розмістити 5 верстатів: багатоцільовий мод. 6906ВМФ2, фрезерний мод. 6РВ1Г, фрезерний мод. 6РІЗ, сверлильний мод. 2Р118, сверлильний мод. 2Р135Ф2. Для здійснення підйомно-транспортних операцій в цеху встановлено кран-балку вантажопідйомністю 5 тонн.

Враховуючи габаритні розміри верстатів та дані табл. 1.3 визначаємо необхідні відстані. Для видалення стружки від робочих місць проектуємо два стружкозбиральні конвеєри, розміщені з тильної сторони верстатів.

На рис. 1.7 наведено план дільниці механічного оброблення деталі типу „Важіль".

Прилад 1.2. В результаті технічного переоснащення, що базується на впровадженні інформаційних технологій у приміщенні, що знаходиться на другому поверсі виробничого корпусу заплановано встановити комп'ютери. Визначити скільки комп'ютеризованих робочих місць оснащених відеодисплейними терміналами (ВДТ) можна встановити у даному приміщенні і як їх розташувати відповідно до встановлених норм та правил з охорони праці. Розміри приміщення: довжина $a = 7$ *м*, ширина $b = 4{,}5$ *м*, висота $h = 3{,}5$ *м*.

Перш за все необхідно проаналізувати чи підходить дане приміщення для того, щоб розмістити в ньому комп'ютеризовані робочі місця.

Відповідно до ДНАОП 0.00-1.31-99 є неприпустимим розташування приміщень, призначених для роботи з ВДТ у підвалах та цокольних поверхах. Також забороняється розташування вибухонебезпечних приміщень категорії А і Б (ОНТП 24-86) та виробництв з мокрими технологічними процесами поряд з приміщенням, де розташовуються ЕОМ (ПЕОМ), а також над такими приміщеннями, або під ними. Окрім того, виробничі приміщення для роботи з ВДТ не повинні межувати з приміщеннями, у яких рівень шуму і вібрації перевищує допустимі значення.

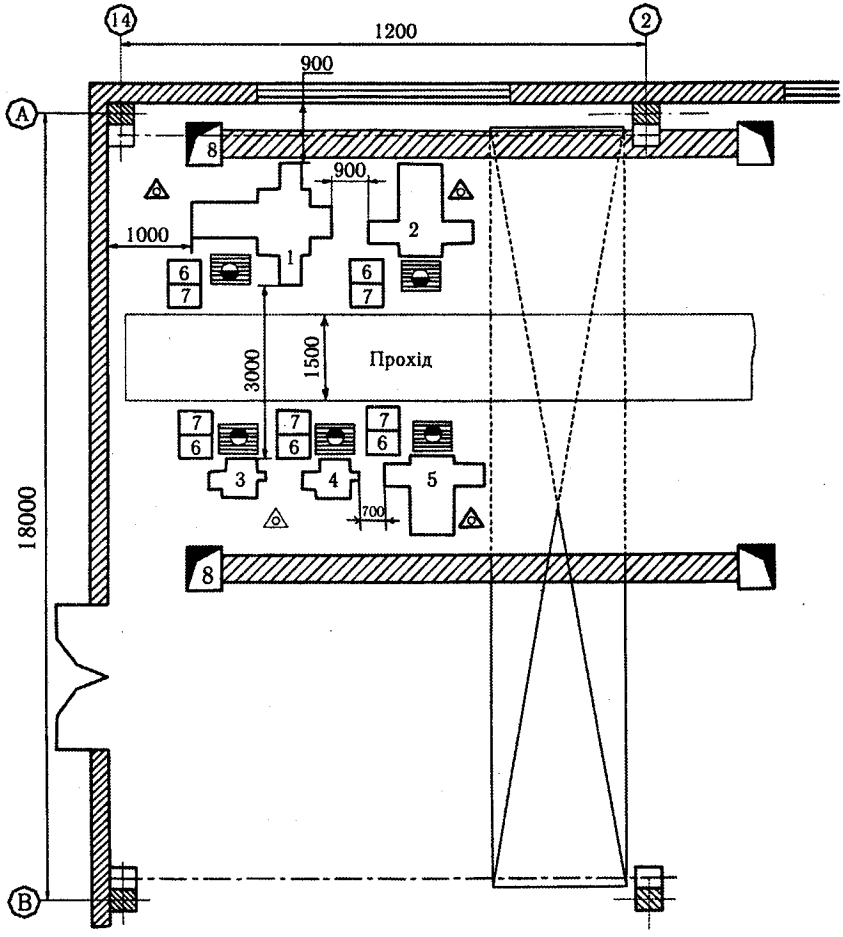


Рис. 1.7. План дільниці механічного оброблення деталі типу „Важіль":
1 — багатоцільовий верстат 6906ВМФ2; 2 — фрезерний верстат мод. 6РВ1Г; 3 — свердлильний верстат мод. 2Р135Ф2; 4 — свердлильний верстат мод. 2Р118; 5 — фрезерний верстат мод. 6РІЗ; 6 — стелаж для заготовок і деталей; 7 — тумбочка для інструментів; 8 — стружкозбиральний конвеєр

Вибране приміщення відповідає вищезазначеним вимогам, тому переходимо до наступного етапу, а саме, до визначення кількості комп'ютеризованих робочих місць, що можна розмістити в даному приміщенні. Оскільки площа приміщення становить $S_{ПР} = 31{,}5\ м^2$, а площа, на якій розташовується одне робоче місце з ВДТ, повинна становити не менше $6{,}0\ м^2$, то в даному приміщенні можна розмістити щонайбільше п'ять комп'ютеризованих робочих місць. Такої кількості достатньо для технічного переоснащення виробництва.

Перевіримо, чи відповідає це число нормативу щодо мінімального об'єму приміщення на одне робоче місце з ВДТ ($V_{P.M.MIN} = 20\ м^3$). Об'єм приміщення становить $110{,}25\ м^3$, а об'єм, що припадає на одне комп'ютеризоване робоче місце — $V_{P.M.} = 22{,}05\ м^3$. Таким чином норматив щодо об'єму приміщення на одне робоче місце з ВДТ виконується.

Планування розміщення комп'ютеризованих робочих місць у приміщенні проводимо із врахуванням наступних вимог:

— робочі місця з ВДТ розміщуються на відстані не менше 1 *м* від стіни зі світловими прорізами;

— відстань між бічними поверхнями ВДТ має бути не менше за 1,2 *м*;

— відстань між тильною поверхнею одного ВДТ та екраном іншого не повинна бути меншою за 2,5 *м*;

— прохід між рядами робочих місць має бути не меншим 1 *м*.

Необхідно також врахувати розміри меблів на комп'ютеризованих робочих місцях, зокрема робочого столу. Відповідно до ДНАОП 0.00-1.31-99 рекомендовані розміри столу для робочого місця з ВДТ становлять: висота — 725 *мм*, ширина — 600—1400 *мм*, глибина — 800—1000 *мм*. Приймаємо, що робочий стіл має такі розміри: ширина — 1200 *мм*, глибина — 800 *мм*.

Найкраще розмістити комп'ютеризовані робочі місця рядами вздовж стіни з вікнами. Це дасть змогу виключити дзеркальне відбиття на екрані ВДТ джерел природного світла (вікон) та потрапляння останніх у поле зору операторів, що погіршує умови їх зорової роботи.

На рис. 1.8 наведено план виробничого приміщення з комп'ютеризованими робочими місцями.

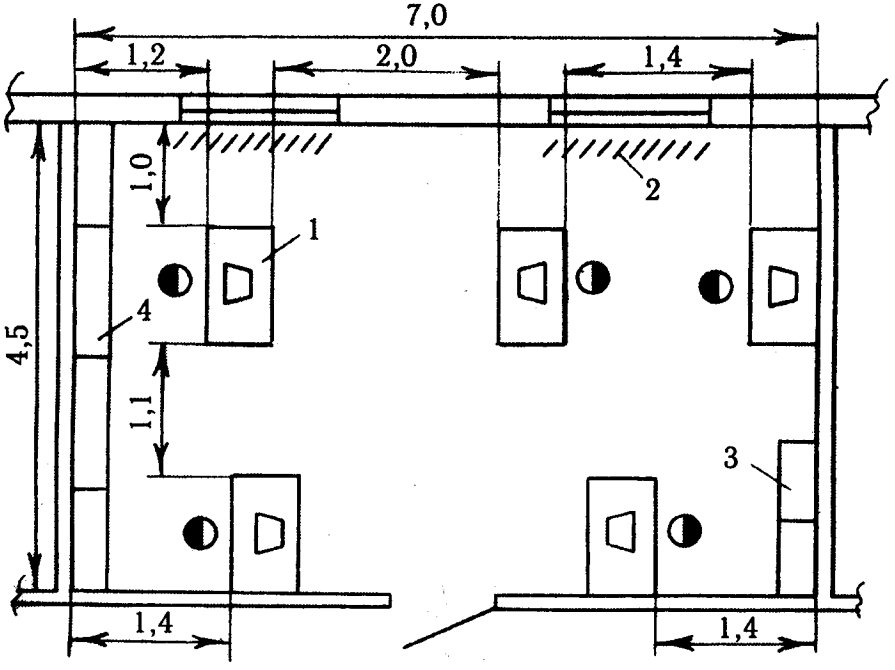


Рис. 1.8. План виробничого приміщення з комп'ютеризованими робочими місцями: *1* — комп'ютеризоване робоче місце з ВДТ; *2* — сонцезахисні жалюзі; *3* — шафи для зберігання дискет та програмного забезпечення; *4* — шафи для зберігання документації та фахової літератури

1.3. АДМІНІСТРАТИВНІ І ПОБУТОВІ БУДІВЛІ ТА ПРИМІЩЕННЯ

На будь-якому підприємстві, незалежно від масштабу виробництва, повинні бути передбачені адміністративні та побутові приміщення, які за призначенням поділяються на:

— санітарно-побутові (гардеробні, душові, умивальні, туалети, кімнати для куріння, місця для пристроїв питного водопостачання, приміщення для обігрівання тощо);

— охорони здоров'я (пункти охорони здоров'я, приміщення особистої гігієни жінок, фітарії, інгаляторії, приміщення для відпочинку в робочий час та психологічного розвантаження);

— громадського харчування (їдальні, буфети, кімнати прийняття їжі);

— культурного обслуговування (приміщення для зборів, заклади культури, спортивні споруди);

— адміністративні (приміщення управління, громадських організацій, охорони праці, конструкторських бюро).

Вимоги щодо складу, розміщення, розмірів та обладнання адміністративних та побутових приміщень викладені в СНиП 2.09.04-87.

Адміністративні та побутові приміщення, як правило, розміщують в окремій будівлі, яка з'єднується з виробничою будівлею спеціальними теплими переходами (рис. 1.9 а). Допускається їх розміщення у прибудовах до виробничих будівель цехів, або у вставках чи вбудовах виробничих будівель I, II, IIIa, IVa ступенів вогнестійкості категорій В, Г, Д.

Прибудова з адміністративними та побутовими приміщеннями може межувати з поперечною (рис. 1.9 б) або поздовжньою (рис. 1.9 в) стороною виробничої будівлі цеху. Перший варіант розташування є більш зручним, оскільки при цьому рух людей не заважає технологічному потоку, а сама прибудова не затемнює цех з бокової сторони. Однак при наявності наскрізних залізничних шляхів вздовж прольотів цеху прибудову з адміністративними та побутовими приміщеннями необхідно розміщувати впритул до поздовжньої сторони цеху.

Можливе також, так зване, поперечне розміщення прибудов, коли останні прилягають своїми торцевими сторонами до поздовжньої виробничої будівлі (рис. 1.9 г).

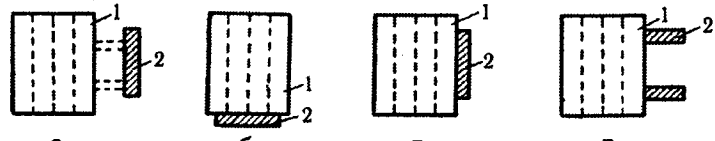


Рис. 1.9. Схеми розміщення будівлі з адміністративними та побутовими приміщеннями: *1* — виробнича будівля (цех); *2* — будівля з адміністративними та побутовими приміщеннями

При вбудованому розташуванні адміністративних та побутових приміщень використовують антресолі, міжколонний простір вздовж рядів колон, „мертві" зони мостових кранів тощо. Вони можуть також розміщуватись на спеціальних опорах (металевих чи залізобетонних) на висоті 2,5 *м* і вище, а під ними улаштовують проходи та проїзди.

У вбудовах виробничих будівель можна розмістити умивальні, напівдуші, туалети, пристрої питного водопостачання, приміщення для обігрівання, відпочинку, особистої

гігієни жінок, ванн для ніг, кімнати майстрів та іншого персоналу, які за умовами виробництва мають бути поблизу робочих місць, а в приміщеннях категорій В, Г та Д — також кімнати для куріння.

Ширина адміністративних та побутових багатоповерхових будівель приймається, як правило, рівною 18 *м*. Ширину прибудови з адміністративними та побутовими приміщеннями при односторонньому боковому природному освітленні необхідно приймати 12 *м* (в окремих випадках допускається 9 *м*).

Висота приміщень допоміжних будівель від підлоги до стелі має бути не менше 2,5 *м*, а до виступаючих конструкцій перекрить обладнання та комунікацій — не менше 2,2 *м*.

Побутові приміщення необхідно розташовувати з максимальним наближенням до робочих місць, щоб не було зустрічних потоків людей, а також переходів через виробничі приміщення зі шкідливими виділеннями, неопалювані частини будівлі та відкриті простори. Приміщення громадського харчування, охорони здоров'я, культурного обслуговування необхідно розташовувати в місцях, де вплив шкідливих виробничих факторів найменший. Не допускається розміщувати душові, умивальні та туалети над робочими кімнатами управлінь, технічних служб, охорони здоров'я, громадського харчування, громадських організацій.

Відстань від робочих місць у виробничих будівлях до туалетів, місць для куріння, приміщень для відпочинку, обігрівання, напівдушів, пристроїв питного водопостачання не повинна перевищувати 75 *м*, а для робочих місць на території підприємства — 150 *м*.

1.3.1. САНІТАРНО-ПОБУТОВІ ПРИМІЩЕННЯ

Розрахунок необхідної кількості санітарно-побутових приміщень та спеціальних побутових приборів (кранів, душових, сіток тощо) для працівників, які зайняті безпосередньо на виробництві, проводиться відповідно до санітарної характеристики виробничих процесів (табл. 1.6) та кількості працівників у найчисленнішій зміні. При поєднуванні виробничих процесів різних груп тип гардеробних, кількість душових сіток та кранів визначається за групою з найбільш високими вимогами, а спеціальні приміщення та пристрої — за сумарними вимогами.

Таблиця 1.6

Норми щодо санітарно-побутових приміщень залежно від групи виробничих процесів

Група виробничих процесів	Санітарна характеристика виробничих процесів	Розрахункова кількість людей на		Тип гардеробних і кількість відділень у шафці на одну людину	Спеціальні побутові приміщення
		одну душову сітку	один кран		
1	2	3	4	5	6
1	Процеси, що викликають забруднення речовинами 3-го та 4-го класів небезпеки				
1а	Тільки рук	25	7	Загальні, одне відділення	—
1б	Тіла та спецодягу, яке виводиться без застосування спец. миючих засобів	15	10	Загальні, два відділення	—

Продовження табл. 1.6

1	2	3	4	5	6
1в	Тіла та спецодягу, яке виводиться спец. миючими засобами	5	20	Окремі, по одному відділенню	Хімчистка або прання спецодягу
2	Процеси, що здійснюються при надлишку явної теплоти або несприятливих метеорологічних умовах				
2а	При надлишку явної конвенційної теплоти	7	20	Загальні, два відділення	Приміщення для охолодження
2б	При надлишку явної променевої теплоти	3	20	Загальні, два відділення	Приміщення для охолодження
2в	Пов'язані з впливом вологи, що викликає намокання спецодягу	5	20	Окремі, по одному відділенню	Сушіння спецодягу
2г	При температурі повітря до 10 °С, в т. ч. роботи на відкритому повітрі	5	20	Окремі, по одному відділенню	Приміщення для обігрівання
3	Процеси, що викликають забруднення речовинами 1-го та 2-го класів небезпеки, а також речовинами, що мають стійкий запах				
3а	Тільки рук	7	10	Загальні, одне відділення	—
3б	Тіла та спецодягу	3	10	Окремі, по одному відділенню	Хімчистка, при необхідності
4	Процеси, що вимагають особливої чистоти при виготовленні продукції	15	10	Загальні, одне відділення	—

Стіни та перегородки приміщень душових, переддушових, умивальних, туалетів, кімнат для куріння, приміщень для сушіння та знепилювання спецодягу необхідно виконувати висотою 2 *м* від підлоги в світлих тонах із матеріалів, які допускають їх легке чищення та миття водою із застосуванням миючих засобів. Підлоги санітарно-побутових приміщень повинні бути вологостійкими і в той же час мати неслизьку поверхню. Особливо це важливо для душових, переддушових, умивальних та гардеробних приміщень.

Проектувати душові, переддушові, умивальні, туалети, гардеробні необхідно окремо для мужчин і жінок.

Гардеробні служать для зберігання вуличного, домашнього, робочого одягу та взуття. Гардеробні вуличного, а також вуличного і домашнього одягу в будь-яких випадках можуть бути загальними для всіх груп виробничих процесів. Гардеробні домашнього і спецодягу для груп виробничих процесів 1в, 2в, 2г і 3б мають бути окремими для кожної з цих груп.

При списковій чисельності працюючих на підприємстві до 50 осіб допускається передбачати загальні гардеробні для всіх груп виробничих процесів.

Одяг в гардеробних може зберігатись: відкритим способом (на вішаках), закритим (в закритих шафках) та змішаним (один вид одягу зберігається відкритим способом, наприклад вуличний, а інший — закритим). Гардеробні належить влаштовувати, виходячи із умов самообслуговування. Виключення складають гардеробні вуличного одягу і роздавальні спеціального одягу.

В гардеробних застосовуються шафки висотою 1,65 *м*. Розміри шафок у плані приймаються: для звичайного складу спецодягу (халати, фартухи, костюми,

напівкомбінезони) — 0,25х0,5 *м*; для розширеного складу (звичайний склад плюс засоби індивідуального захисту — 0,33х0,5 *м*; для громіздкого спецодягу (розширений склад плюс утеплений одяг, валянки, взуття), а також для одночасного зберігання двох різних видів (вуличного і домашнього одягу або домашнього і робочого) — 0,4х0,5 *м*.

Кількість шафок має дорівнювати списковій кількості працівників. Кількість вішаків (гачків) для окремого зберігання вуличного одягу визначається кількістю працівників у двох найчисленніших суміжних змінах. Довжина вішалки приймається із розрахунку 5 гачків на 1 пог. метр.

Шафки облаштовують відкидними сидіннями, а якщо вони відсутні, то в гардеробних належить передбачити лавки шириною не менше 0,3 *м* та довжиною із розрахунку 0,6 *м* на одне місце. Кількість місць для роздягання повинна бути не менше 25% від кількості працівників найчисленнішої зміни. Відстань між рядами шафок з відкидними сидіннями приймається 1,5 *м*, а при наявності лавок — 2,0 *м*.

Душові належить розміщувати суміжно з гардеробними. У випадках спільного зберігання в гардеробній всіх видів одягу обладнуються переддушові для переодягання; при кількості душових сіток до чотирьох переддушова не передбачається. Не допускається розміщувати душові та переддушові біля зовнішніх стін будівель.

Кількість душових сіток визначають за даними табл. 1.6.

Душові обладнуються відкритими кабінами, що мають розміри 0,9х0,9 *м*, загородженими з трьох сторін, а при виробництвах груп 1в, 3б — загородженими з двох сторін із наскрізним проходом. Допускається до 20% душових кабін передбачати закритими (розмірами 1,8х0,9 *м*). Ширина проходу між рядами душових кабін приймається не менше 2,0 *м*.

Перегородки виконуються з вологостійких матеріалів висотою 1,8 м і відстанню від підлоги 0,2 *м*.

Умивальні розміщуються в окремих приміщеннях, суміжно з гардеробними спеціального одягу, загальними гардеробними або в приміщеннях гардеробних. До 40% розрахункової кількості умивальників допускається розміщувати у виробничих приміщеннях поблизу робочих місць.

Умивальники у допоміжних та адміністративних приміщеннях (управління, конструкторські бюро, культурного обслуговування, їдальні) допускається розміщувати в тамбурах при туалетах.

Відстань між кранами умивальників повинна бути не менше 0,65 *м*, а ширина проходу мід рядами умивальників — не менше 2,0 *м*. Кількість кранів приймається за даними табл. 1.6 та кількістю працівників найчисленнішої зміни.

Туалети в багатоповерхових виробничих, побутових і адміністративних будівлях належить передбачати на кожному поверсі. При кількості до 30 працівників на двох суміжних поверхах туалет може бути тільки на одному — з найбільшою кількістю працівників, а якщо на трьох поверхах знаходиться не більше 10 працівників, то може бути лише один туалет.

Допускається улаштовувати спільний туалет для чоловіків і жінок при загальній кількості працівників найчисленнішої зміни не більше 15 осіб.

Вхід до туалету слід передбачати через тамбур із дверима, які самі зачиняються. В тамбурах теалетів розміщуються умивальники із розрахунку один умивальник на чотири

кабіни, при меншій кількості кабін — один умивальник на кожний туалет. Туалетні кімнати обладнують підлоговими чашами або унітазами, які розміщуються в окремих закритих кабінах розмірами 1,2х0,9 *м*, висотою перегородок 1,8 *м* і дверима, що відкриваються назовні.

Кількість підлогових чаш або унітазів приймається із розрахунку один унітаз (чаша) на 15 чоловік. В чоловічих туалетах встановлюються також і пісуари із розрахунку: 1 індивідуальний пісуар або 0,4 *м* настінного лоткового на 1 унітаз (чашу). При розташуванні пісуарів навпроти кабін ширина проходу між ними повинна бути не менше 2 *м*.

Кімнати для куріння належить розміщувати суміжно з туалетами або приміщеннями для відпочинку та обігрівання. Площа кімнат для куріння визначається із розрахунку на одного працюючого в найчисельнішій зміні: 0,03 $м^2$ для чоловіків і 0,01 $м^2$ для жінок, але не менше 9,0 $м^2$. У найчисельнішій зміні при кількості працівників менше 100 обладнують спеціальні місця для куріння на сходових клітках, в тамбурах при туалетах, де вивішується знак „Місце для куріння".

Приміщення для обігрівання працівників передбачаються при виробничих процесах групи 2г (табл. 1.5). Площа приміщення для обігрівання працівників визначається із розрахунку 0,1 $м^2$ на одного працівника найчисельнішої зміни, але не менше 12 $м^2$.

Приклад розташування санітарно-побутових приміщень наведено на рис. 1.10.

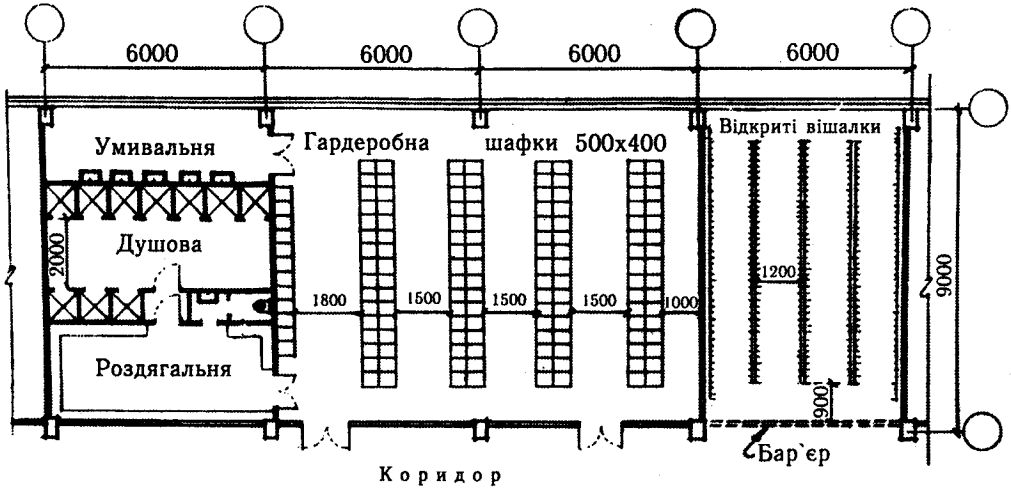


Рис. 1.10. Приклад розташування санітарно-побутових приміщень

1.3.2. ПРИМІЩЕННЯ ОХОРОНИ ЗДОРОВ'Я

Пункти охорони здоров'я повинні передбачатись на промисловому підприємстві при кількості працюючих 50 і більше. Категорія пункту охорони здоров'я визначається наступним чином: при списковій чисельності працівників від 50 до 300 — медичний пункт; від 301 до 1700 — фельдшерський; більше 1700 — лікарський пункт. Площа медичного пункту приймається: 12 $м^2$ при списковій чисельності працівників від 50 до 150 осіб, та 18 $м^2$ — від 151 до 300 осіб. Загальна площа фельдшерського пункту повинна становити 100—120 $м^2$, а лікарського — 180—240 $м^2$.

Приміщення особистої гігієни жінок передбачається при кількості працівниць у найчисельнішій зміні не менше 15. Такі приміщення слід розміщувати при туалетах або пунктах охорони здоров'я. В них передбачаються місця для роздягання, умивальник і процедурні кабіни, що мають висоту перегородок 1,8 *м* та розміри в плані 1,8х1,2 *м*. Кількість установок приймається з розрахунку одна установка на 75 жінок.

Інгаляторії передбачаються (за погодженням із місцевими органами охорони здоров'я) для виробничих процесів, пов'язаних із виділенням пилу або газів подразнювальної дії. Розміщують їх при медичних пунктах. Площа інгаляторія залежить від кількості апаратів та їх пропускної здатності, але повинна бути не менше 12 $м^2$.

Фотарії передбачаються для працівників, які працюють у приміщеннях без природного освітлення або з коефіцієнтом природної освітленості менше 0,1%. Якщо виробничі приміщення обладнані штучним освітленням, збагаченим ультрафіолетовим випромінюванням фотарії не передбачаються.

Приміщення для відпочинку в робочий час та психологічного розвантаження передбачаються відповідно до технологічної частини проекту. Такі приміщення рекомендується розміщувати при пунктах охорони здоров'я або гардеробних домашнього одягу. В приміщеннях для відпочинку та психологічного розвантаження доцільно передбачити пристрої для приготування спеціальних тонізуючих напоїв, а також місця для занять фізичною культурою. Площу цих приміщень потрібно приймати з розрахунку 0,2 $м^2$ на одного працівника найчисленнішої зміни, але не менше 18 $м^2$.

1.3.3. ПРИМІЩЕННЯ ГРОМАДСЬКОГО ХАРЧУВАННЯ

Для забезпечення працівників загальним та дієтичним харчуванням на підприємствах передбачаються приміщення громадського харчування: при кількості працівників у найчисельнішій зміні більше 200 — їдальні, а менше 200 — буфет, що відпускає гарячі страви, які доставляються з інших підприємств громадського харчування. При кількості працівників у найчисельнішій зміні менше 30 допускається організовувати кімнати для прийняття їжі. Якщо кількість працюючих становить менше 10 то допускається замість кімнати приймання їжі передбачати в гардеробній додаткове місце площею 6 $м^2$, де встановлюється стіл.

Кількість місць в їдальнях та буфетах визначається із розрахунку одне місце на 4 працівники найчисельнішої зміни. Площа кімнати приймання їжі визначається із розрахунку 1 $м^2$ на кожного відвідувача, але не менше 12 $м^2$. Таку кімнату необхідно обладнати умивальниками, електрокип'ятильниками, забезпечити відповідними меблями.

1.3.4. ПРИМІЩЕННЯ КУЛЬТУРНОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ

На промислових підприємствах необхідно передбачати цехові приміщення для зборів, культурних заходів та спортивні зали. Приміщення для зборів належить розміщувати поблизу цехів та дільниць. При кількості до 50 працівників на підприємстві приміщення для зборів може суміщатися з кімнатою для відпочинку

та приймання їжі. Площа приміщень визначається залежно від кількості працівників в найчисельнішій зміні: від 50 до 100 — 24 $м^2$, від 101 до 200 — 36 $м^2$, від 201 до 300 — 48 $м^2$.

На підприємствах з кількістю працівників понад 600 належить передбачати зали для зборів, площа яких визначається із розрахунку на 30% працівників зміни при нормі 0,9 $м^2$ на одне місце.

1.3.5. АДМІНІСТРАТИВНІ ПРИМІЩЕННЯ

Площа приміщень управлінь, конструкторських бюро визначається із розрахунку на одного працівника: 4 $м^2$ — для робочих кімнат управлінь; 6 $м^2$ — для кімнат конструкторських бюро, обчислювальних центрів, місць з відеодисплейними терміналами.

Площа приміщення профкому приймається: при чисельності працівників від 100 до 300 осіб — 12 $м^2$, від 301 до 500 осіб — 18 $м^2$, від 501 до 1000 осіб — 36 $м^2$, від 1001 до 1500 осіб — 54 $м^2$, понад 1501 осіб — 60 $м^2$.

На підприємствах із списковою кількістю працівників до 100 осіб для всіх громадських організацій передбачається одне приміщення площею 12 $м^2$.

Площа кабінету з охорони праці визначається в залежності від списковоі кількості працівників підприємства: від 100 до 1000 осіб — 24 $м^2$, від 1001 до 3000 осіб — 48 $м^2$. На підприємствах із списковою кількістю працівників до 100 осіб, а також у цехах створюються відповідно загальнооб'єктовий та цехові кутки охорони праці.

При виконанні дипломних проектів, тематика яких пов'язана з розробкою нового чи реконструкцією діючого підприємства (цеху, дільниці) часто необхідно визначити площу адміністративних та побутових приміщень. Для цього можна використати дані, наведені в таблиці 1.7.

Таблиця 1.7

Показники площі адміністративних та побутових приміщень, що використовуються для розрахунків

№ зп.	Вид приміщення	Площа
1	2	3
Санітарно-побутові приміщення		
1.	Гардеробні	0,9 $м^2$ на одного працівника
2.	Душові	2,0 $м^2$ на одну душову сітку
3.	Умивальні	1,0 $м^2$ на один кран
4.	Туалети	2,5 $м^2$ на один унітаз (чашу) 1,0 $м^2$ на один пісуар (лотковий)
5.	Приміщення для куріння	0,03 $м^2$ на одного мужчину та 0,01 $м^2$ на одну жінку, але не менше 9,0 $м^2$
6.	Приміщення для обігрівання	0,1 $м^2$ на одного працівника, але не менше 12 $м^2$
Приміщення охорони здоров`я		
7.	Медичний пункт	12 $м^2$ (загальна площа) при списковій кількості працівників від 50 до 150 осіб; 18 $м^2$ — від 151 до 300 осіб

Продовження табл. 1.7

1	2	3
8.	Фельдшерський пункт	100—120 $м^2$ (загальна площа)
9.	Лікарський пункт	180—240 $м^2$ (загальна площа)
10.	Приміщення особистої гігієни жінок	3,0 $м^2$ на одну кабіну
11.	Приміщення для відпочинку в робочий час та психологічного розвантаження	0,2 $м^2$ на одного працівника, але не менше 18 $м^2$
	Приміщення громадського харчування	
12.	Їдальні та буфети	1 місце на чотирьох працівників
13.	Кімната прийняття їжі	1 $м^2$ на одного відвідувача, але не менше 12 $м^2$
	Приміщення культурного обслуговування	
14.	Приміщення для зборів	24 $м^2$ при кількості працівників найчисельнішої зміни від 50 до 100; 36 $м^2$ — від 101 до 200 осіб; 48 $м^2$ — від 201 до 300 осіб
	Адміністративні приміщення	
15.	Приміщення управлінь	4 $м^2$ на одного працівника
16.	Кімнати конструкторських бюро	6 $м^2$ на одного працівника
17.	Приміщення профкому	12 $м^2$ при списковій кількості працівників від 100 до 300 осіб; 18 $м^2$ — від 301 до 500 осіб; 36 $м^2$ — від 501 до 1000 осіб; 54 $м^2$ — від 1001 до 1500 осіб; 60 $м^2$ — понад 1501 особу
18.	Кабінет охорони праці	24 $м^2$ при списковій кількості працівників від 100 до 1000 осіб; 48 $м^2$ — від 1001 до 3000 осіб

Приклад 1.3. Визначити необхідні площі адміністративних та побутових приміщень при проектуванні міської друкарні, якщо попередньо визначено, що відповідно до плану випуску книжкової продукції списокова кількість працівників друкарні повинна становити $N = 120$ осіб (робітників $N_р = 95$ осіб, інженерно-технічних працівників та молодшого обслуговуючого персоналу $N_і = 17$ осіб, службовців $N_с = 8$ осіб).

Визначаємо очікувану кількість чоловіків і жінок друкарні, використавши для цього відповідні співвідношення, що характерні для поліграфічних підприємств, які випускають книжкову продукцію: $N_ч = 0,45 \cdot N = 0,45 \cdot 120 = 55$ осіб, $N_ж = 0,55 \cdot N = 0,55 \cdot 120 = 65$ осіб. Серед працівників робітничих професій: $N_{р.ч.} = 0,45 \cdot N_р = 0,45 \cdot 95 = 43$ особи, $N_{р.ж.} = 0,55 \cdot N_р = 0,55 \cdot 95 = 52$ особи.

Оскільки коефіцієнт складу найчисленнішої зміни приймається 0,65—0,85, то очікувана кількість жінок та чоловіків у найчисленнішій зміні буде: $N^3_ч = 0,8 \cdot N_ч = 0,8 \cdot 55 = 44$ особи, $N^3_ж = 0,8 \cdot N_ж = 0,8 \cdot 65 = 52$ особи, $N^3 = 96$ особи, а серед працівників робітничих професій — $N^3_{р.ч.} = 42$ особи, $N^3_{р.ж.} = 42$ особи, ($N^3_р = 76$ особи).

Використовуючи дані табл. 1.7 визначаємо необхідні площі адміністративних та побутових приміщень.

Санітарно-побутові приміщення.

Площі гардеробних повинні становити: для жінок $S_{г.ж.} = 0{,}9 \cdot N_{ж} = 0{,}9 \cdot 65 = 58{,}5$ м², для чоловіків $S_{г.ч.} = 0{,}9 \cdot 55 = 49{,}5$ м². В обох гардеробних планується розмістити відповідно 65 та 55 шафок (1 шафка на 1 працівника).

Для міської друкарні, що проектується, характерним є поєднання виробничих процесів різних груп, зокрема 1а, 1б, 4, тому визначаємо необхідну кількість душових сіток та кранів за даними табл. 1.6 для групи 1б, як з найбільш високими вимогами.

Враховуючи, що розрахункова кількість працівників робітничих професій на одну душову сітку становить 15 осіб, визначаємо необхідну кількість сіток у жіночій та чоловічій душових: $n_{д.ж.} = N^{з}_{р.ж.} / 15 = 52 / 15 = 42 / 15 = 2{,}8$; $n_{д.ч.} = N^{з}_{р.ч.} / 15 = 34 / 15 = 2{,}3$. Таким чином у кожній душовій необхідно встановити по 3 душові сітки, а площа душової повинна становити $S_{д.ж.} = S_{д.ч.} = 3 \cdot 2{,}0 = 6$ м².

Згідно з табл. 1.6 (група виробничих процесів 1б) у жіночій умивальні необхідно встановити 5 кранів, а в чоловічій — 4. Площі цих санітарно-побутових приміщень повинні становити відповідно 5 м² та 4 м² (табл. 1.7).

Необхідна кількість унітазів (підлогових чаш) в жіночому та чоловічому туалетах буде: $n_{у.ж.} = N^{з}_{ж} / 15 = 3{,}5$; $n_{у.ч.} = N^{з}_{ч} / 15 = 44 / 15 = 2{,}9$. Приймаємо 4 унітази в жіночому та 3 в чоловічому туалетах, площі яких тоді становитимуть: $S_{т.ж.} = 4 \cdot 2{,}5 = 10$ м²; $S_{т.ч.} = 3 \cdot 2{,}5 = 7{,}5$ м².

Оскільки очікувана кількість працівників найчисельнішої зміни менше 100 осіб, то проектом передбачаємо улаштувати спеціальні місця для куріння в тамбурах при туалетах. Площу обох тамбурів приймаємо по 4 м².

Таким чином, сумарна площа всіх санітарно-побутових приміщень друкарні, що проектується буде становити $S_{с.п.} = 154{,}5$ м³ (для жінок — 83,5 м², для чоловіків — 71 м²).

Приміщення охорони здоров'я.

Так як згідно з розрахунками списокова кількість працівників друкарні повинна становити 120 осіб, то як приміщення охорони здоров'я приймаємо медичний пункт загальною площею $S_{м} = 12$ м². При цьому пункті пропонуємо розмістити одну кабіну для особистої гігієни жінок площею 3 м² та приміщення для відпочинку в робочий час та психологічного розвантаження працівників окремих професій (наприклад, операторів комп'ютерного набору, коректорів). Площа такого приміщення за даними табл. 1.7 буде $S_{в} = 0{,}2 \cdot N^{з} = 0{,}2 \cdot 96 = 19{,}2$ м². Приймаємо $S_{в} = 20$ м².

Таким чином, загальна площа усіх приміщень охорони здоров'я друкарні, що проектується повинна становити $S_{о.з.} = 35$ м².

Приміщення громадського харчування.

Оскільки очікувана кількість працівників найчисельнішої зміни друкарні менша 200 осіб, то для їх харчування передбачаємо буфет з кількістю чотирьохмісних столиків $n_{ст} = N^{з} / 4 \cdot 4 = 96 / 4 \cdot 4 = 6$ шт. (1 місце на 4 працівники). Площа буфету буде становити $S_{б} = 6 \cdot 5 = 30$ м².

Приміщення культурного обслуговування.

На основі кількості працівників найчисельнішої зміни нормативна площа приміщення для зборів повинна становити $S_{ЗБ} = 24$ м^2.

Адміністративні приміщення.

Особовий склад працівників сфери управління друкарні, що проектується нараховує 25 чол., а відтак площа приміщень управлінь буде $S_у = 25 \cdot 4 = 100$ м^2.

Оскільки списокова кількість працівників друкарні перевищує 100 осіб, то проектуємо приміщення профкому площею 12 м^2 та кабінет охорони праці площею 24 м^2.

Сумарна площа адміністративних приміщень друкарні повинна становити $S_А = 136$ м^2.

Таким чином, при проектуванні міської друкарні зі списковою кількістю працівників 120 осіб необхідно передбачити адміністративні та побутові приміщення загальною площею 379,5 м^2.

Розділ 2

ВЕНТИЛЯЦІЯ, ОПАЛЕННЯ ТА КОНДИЦІОНУВАННЯ

2.1. ЗАГАЛЬНІ ВИМОГИ

У всіх виробничих та допоміжних приміщеннях необхідно передбачити вентиляцію. Під *вентиляцією* розуміють сукупність заходів та засобів, призначених для забезпечення на постійних робочих місцях та зонах обслуговування виробничих приміщень метеорологічних умов та чистоти повітряного середовища, що відповідають гігієнічним та технічним вимогам. Основне завдання вентиляції — вилучити із приміщення забруднене або нагріте повітря та подати свіже, тобто забезпечити в приміщеннях метеорологічні умови (температуру, відносну вологість та швидкість руху повітря), що відповідають нормативним вимогам, а також виключити можливість вмісту в повітрі шкідливих речовин, які перевищують гранично допустимі концентрації (ГДК).

Вентиляція може бути природна, штучна (механічна) та суміщена (природна та штучна одночасно).

Необхідна чистота повітря у виробничих приміщеннях може бути досягнута шляхом:

— удосконалення технологічних процесів та устаткування, в результаті чого виключається або зменшується виділення шкідливих парів, газів та пилу в повітря виробничих приміщень;

— використання ефективної та надійної вентиляції.

Мікрокліматичні (метеорологічні) умови — параметри температури, відносної вологості, швидкості руху повітря в робочій зоні або в зоні обслуговування та на постійних робочих місцях, встановлені відповідними нормами. В основу принципів нормування параметрів мікроклімату покладена диференційна оцінка цих величин в залежності від теплової характеристики виробничого приміщення, категорії робіт за ступенем важкості та періоду року (табл. 2.1).

Оптимальними (комфортними) мікрокліматичними умовами вважаються такі умови, при яких має місце найвища працездатність і хороше самопочуття. Допустимі умови передбачають можливість напруженої роботи механізму терморегуляції, що не виходить за межі можливостей організму, а також дискомфортні відчуття.

Допустимі норми температури, відносної вологості та швидкості руху повітря в робочій зоні виробничих приміщень повинні дотримуватись:

— в холодний період року при всіх станах зовнішнього повітря від розрахункових параметрів А або Б (залежно від призначення систем вентиляції або кондиціонування повітря) до зовнішньої температури +10 °С;

— в теплий період року при всіх станах зовнішнього повітря в межах від температури +10 °С і вище до розрахункових параметрів А для теплого періоду року.

Таблиця 2.1

Оптимальні та допустимі норми температури, відносної вологості та швидкості руху повітря у робочій зоні виробничих приміщень

Період року	Категорія робіт	Температура, °С					Відносна вологість, %		Швидкість руху, *м/с*	
		оптимальна	допустима				оптимальна	допустима на робочих місцях постійних і непостійних, не більше, ніж	оптимальна, не більше, ніж	допустима на робочих місцях постійних і непостійних*
			верхня межа		нижня межа					
			на робочих місцях							
			постійних	непостійних	постійних	непостійних				
Холодний	Легка — Іа	22—24	25	26	21	18	40—60	75	0,1	Не більше ніж 0,1
	Легка — Іб	21—23	24	25	20	17	40—60	75	0,1	Не більше ніж 0,2
	Середньої важкості — IIа	18—20	23	24	17	15	40—60	75	0,2	Не більше ніж 0,3
	Середньої важкості — IIб	17—19	21	23	15	13	40—60	75	0,2	Не більше ніж 0,4
	Важка — III	16—18	19	20	13	12	40—60	75	0,3	Не більше ніж 0,5
Теплий	Легка — Іа	23—25	28	30	22	20	40—60	55 (при 28 °С)	0,1	0,1—0,2
	Легка — Іб	22—24	28	30	21	19	40—60	60 (при 27 °С)	0,2	0,1—0,3
	Середньої важкості — IIа	21—23	27	29	18	17	40—60	65 (при 26 °С)	0,3	0,2—0,4
	Середньої важкості — IIб	20—22	27	29	16	15	40—60	70 (при 25 °С)	0,3	0,2—0,5
	Важка — III	18—20	26	28	15	13	40—60	75 (при 24 °С)	0,4	0,2—0,6

Допустимі параметри повітря всередині виробничих приміщень для теплого періоду року обов'язкові для всіх параметрів А (середня температура о 13 год. найбільш теплого місяця) не перевищує +25 °С. В місцевостях, де температура зовнішнього повітря для параметрів А перевищує 25 °С (для важких робіт 23 °С), допустимі температури повітря в робочій зоні, подані в таблиці 2.1, відповідно до вимог санітарних норм допускається підвищувати (в теплий період року) при збереженні значень відносної вологості повітря:

— на 3 °С, але не вище 31 °С, в приміщеннях з незначними виділеннями надлишкового тепла;

— на 5 °С, але не вище 33 °С, в приміщеннях зі значними виділеннями надлишкового тепла;

— на 2 °С, але не вище 30 °С, в приміщеннях, в яких за умовами технологічного процесу необхідно штучно підтримувати температуру та відносну вологість повітря.

Незалежно від мікрокліматичних умов у робочій зоні виробничих приміщень вміст шкідливих речовин не повинен перевищувати ГДК.

* Більша швидкість руху повітря у теплий період року відповідає максимальній допустимій температурі повітря, менша — мінімальній. Для середніх величин температури повітря швидкість його руху дозволяється визначати інтерполяцією; при мінімальній температурі повітря швидкість його руху може братися також нижче 0,1 *м/с* — при легкій роботі і нижче 0,2 *м/с* — при роботі середньої важкості та важкій.

2.2. РОЗРАХУНКОВІ ПАРАМЕТРИ ЗОВНІШНЬОГО ПОВІТРЯ

Вибір розрахункових параметрів зовнішнього повітря для проектування систем вентиляції, опалення та кондиціонування повітря проводиться залежно від призначення систем, а також від кліматичних умов за табл. 2.2.

При проектуванні природної та штучної (механічної) загальнообмінної вентиляції, яка призначена для вилучення з приміщення надлишків тепла, вологи та інших шкідливих виділень (з ГДК більше 100 *мг/м*^{3}), необхідно приймати розрахункові параметри *А* зовнішнього повітря з колонок 3 і 4 таблиці 2.2.

Таблиця 2.2

Розрахункові параметри зовнішнього повітря (СНиП 2.04.05-91)

Населений пункт	Розрахунковий барометричний тиск, *мм.* рт. ст.	Параметри А		Параметри Б		Параметри В	
		температура, °С	теплоємність, *ккал/кг*	температура, °С	теплоємність, *ккал/кг*	температура, °С	теплоємність, *ккал/кг*
1	2	3	4	5	6	7	8
Вінниця*	730	23	12,2	30,5	12,9	38	16,7
		—10	—1,7	—21	—4,7	—38	—9,1
Дніпропетровськ*	745	26,5	12,9	32,3	13,7	38	20,2
		—9	—1,3	—21	—4,8	—38	—9,1
Київ*	745	23,5	12,5	31,3	13,3	39	16,9
		—10	—1,6	—21	—4,8	—32	—7,6
Кіровоград	745	25,8	11,9	31,9	13,5	38	15,1
		—9	—1,3	—21	—4,7	—35	—8,3
Львів*	730	22,1	11,9	29,1	12,7	36	16,9
		—7	—0,6	—16	—3,4	—34	—8,1
Луганськ	760	27,4	12,5	33,7	13,6	40	14,7
		—11	—2	—22	—5	—42	—10,1
Миколаїв	760	27,8	12,6	33,4	14,9	39	17,2
		—7	—0,6	—18	—4	—30	—7,1
Одеса*	760	24,9	13,6	30,5	14,5	36	17,6
		—7	—0,6	—15	—3,1	—28	—6,6
Полтава*	745	24,8	12,4	31,4	13,1	38	16,4
		—11	—1,9	—23	—5,2	—34	—8,1
Севастополь	760	25,9	14,1	31	15,2	36	16,2
		—4	0,3	—9	—1,4	—22	—5
Сімферополь	730	26,5	12,8	32,3	13,3	38	13,8
		—7	—0,7	—15	—3,2	—30	—7,1
Тернопіль	730	22,1	11,6	28,6	13,2	35	14,8
		—9	—1,3	—18	—3,9	—32	—7,6
Ужгород*	745	24,2	13	30,6	14	37	17,6
		—6	—0,3	—15	—3,1	—32	—7,6
Харків*	745	25,1	12,6	31,1	13,5	37	18,2
		—11	—1,9	—23	—5,3	—35	—8,3
Херсон*	760	29	13,8	34,5	14,3	40	17,8
		—6	—0,3	—18	—4	—31	—7,3

Продовження табл. 2.2

1	2	3	4	5	6	7	8
Чернігів*	745	23,2 —10	12,2 —1,6	30,6 —22	13 —5	38 —34	16,7 —12
Ялта	760	26,4 —3	14,2 0,5	31,7 —8	15,7 —1,2	37 —14	17,2 —2,8

Примітки: 1. Для кожного географічного пункту в першому рядку наведена температура в теплий період року, а в другому — в холодний.

2. В таблиці наведені наступні розрахункові параметри холодного періоду року для географічних пунктів:

А — розрахункова температура для проектування вентиляції і теплоємності повітря, яка відповідає цій температурі та середній відносній вологості повітря найбільш холодного місяця о 13 год.;

Б — розрахункова температура для проектування опалення і теплоємності повітря, яка відповідає цій температурі та середній відносній вологості повітря найбільш холодного місяця о 13 год.;

В — абсолютна мінімальна температура і теплоємність повітря, яка відповідає цій температурі та середній відносній вологості повітря найбільш холодного місяця о 13 год.

При проектуванні загальнообмінної вентиляції, яка призначена для зменшення концентрації шкідливих газів та парів (при ГДК менше або дорівнює 100 $мг/м^3$), або для компенсації повітря, яке вилучається місцевими відсмоктувачами і використовується технологічним устаткуванням (системи пневмотранспорту, повітря для горіння, сушки і т. д.), повинні прийматися розрахункові параметри зовнішнього повітря Б для холодного періоду року, а для теплого — А.

Для систем кондиціонування повітря, приймаються розрахункові параметри Б, як в холодний, так і в теплий періоди.

2.3. ВИБІР СИСТЕМ ТА СПОСОБІВ ВЕНТИЛЯЦІЇ

Ефективність дії систем вентиляції та кондиціонування повітря залежить не тільки від забезпечення необхідного повітрообміну, але й від схеми організації повітрообміну, тобто вибору зони вилучення та подачі необхідної кількості повітря.

Схеми вентиляції визначаються:

— специфікою виробничого приміщення;

— характером шкідливостей;

— місцем їх виділення;

— кратністю повітрообміну.

У виробничих приміщеннях при проектуванні загальнообмінної вентиляції можлива організація повітрообміну за такими схемами: зверху вниз, знизу вверх, зверху вверх, знизу вниз, а також і за змішаними схемами (рис. 2.1).

Схеми зверху вниз та зверху вверх доцільно застосовувати у випадку, коли припливне повітря в холодний період року має температуру нижчу від температури приміщення. Припливне повітря перш ніж досягти робочої зони нагрівається за рахунок повітря приміщення. Схему зверху вверх також застосовують, коли кратність повітрообміну не перевищує 5 і в приміщенні відсутні токсичні виділення. Схеми

знизу вверх та знизу вниз рекомендується використовувати тоді, коли припливне повітря в холодний період року підігрівається і його температура вища від температури внутрішнього повітря.

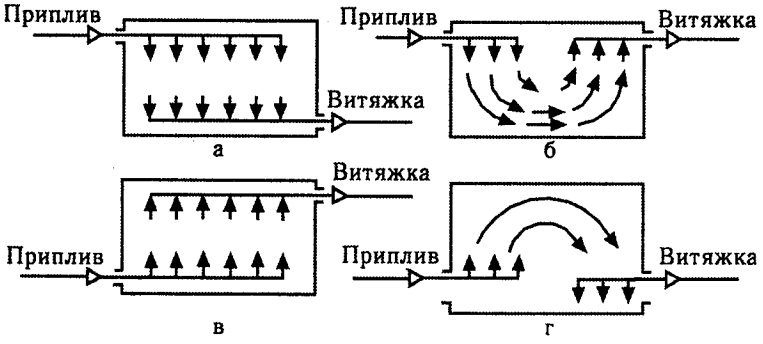


Рис. 2.1. Схема організації повітрообміну при загальнообмінній вентиляції: а — зверху вниз; б — зверху вверх; в — знизу вверх; г — знизу вниз

Якщо у виробничих приміщеннях виділяються гази та пари з густиною, що перевищує густину повітря (наприклад пари кислот, бензину, гасу), то загальнообмінна вентиляція повинна забезпечити видалення 60% повітря з нижньої зони приміщення та 40% — з верхньої. Якщо густина газів менша за густину повітря, то видалення забрудненого повітря здійснюється у верхній зоні.

2.4. ПРИРОДНА ВЕНТИЛЯЦІЯ ТА ЇЇ ЗАСТОСУВАННЯ

Природна вентиляція може бути неорганізованою і організованою. При неорганізованій вентиляції невідомі об'єми повітря, що надходять та видаляються із приміщення, а сам повітрообмін залежить від випадкових чинників (напрямку та сили вітру, температури зовнішнього та внутрішнього повітря), а тому допускається тільки в окремих випадках (наприклад об'єм приміщення на одного працюючого становить більше 40 $м^3$) при наявності вікон або вікон та ліхтарів і відсутності шкідливих виділень і речовин з неприємним запахом.

Організована природна вентиляція називається *аерацією*. Для аерації в стінах будівлі роблять отвори для надходження зовнішнього повітря, а на даху чи у верхній частині будівлі встановлюють ліхтарі для виведення відпрацьованого повітря.

Аерація використовується в цехах (виробничих приміщеннях) із значними тепловиділеннями, якщо концентрація шкідливих речовин у припливному повітрі не перевищує 30% ГДК в робочій зоні.

Для регулювання припливного зовнішнього повітря в одно- та двопрольотних приміщеннях в теплий період року в зовнішніх стінах роблять отвори, що розташовані на висоті 0,3—1,8 *м* над підлогою. Припливні отвори дозволяється розміщувати в два ряди і більше у поздовжніх стінах будівлі, які повинні бути вільні від надбудов. Як припливні отвори також використовуються ворота, розсувні стіни та отвори

у підлозі приміщень. Отвори для припливу зовнішнього повітря в холодний період року роблять у зовнішніх стінах, розташовуючи низ отворів у цехах (приміщеннях) висотою менше 6 *м* на висоті не менше 3 *м* над підлогою, а в приміщеннях висотою більше 6 *м* — на висоті не менше 4 *м* над підлогою.

Для регулювання припливного зовнішнього повітря в багатопрольотних цехах (виробничих приміщеннях) роблять отвори в зовнішніх стінах і ліхтарі в "холодних" прольотах, які повинні чергуватися з "гарячими", враховуючи, що "холодні" прольоти відокремлюються від "гарячих" спущеними зверху перегородками, які не доходять до підлоги на 2—4 *м*.

Для видалення повітря з приміщення, що регулює приплив і витяжку (аерація) встановлюють незадувні аераційні та світлоаераційні ліхтарі та шахти різних конструкцій (рис. 2.2).

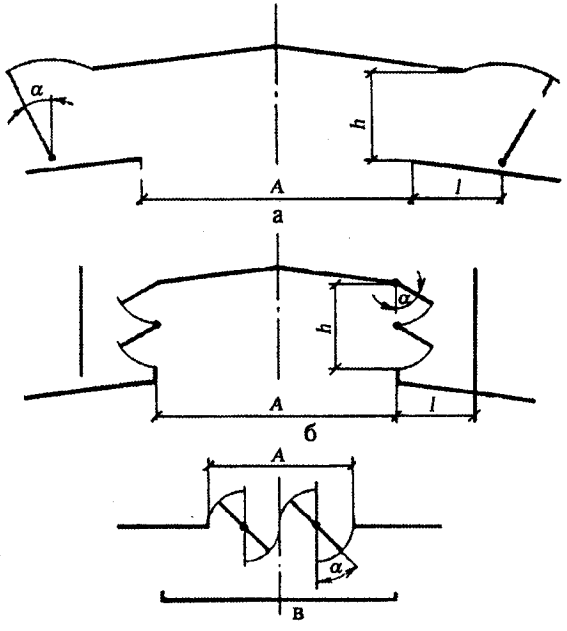


Рис. 2.2. Схеми незадувних аераційних ліхтарів:
а — КТИС; б — П-видного з вітрозахисними панелями; в — щілинного

Витяжні канали систем аерації доцільно розташовувати у внутрішніх цегляних стінах (мінімальний переріз каналів становить 130х140 *мм*); у спеціальних вентиляційних блоках; у вигляді приставних та підвісних каналів біля внутрішніх стін, перегородок та перекритів. Мінімальна товщина перегородок у цегляних стінах між каналами одного призначення та зовнішніх стінок каналів становить 120 *мм*.

Розрахунок аерації зводиться до визначення необхідної площі припливних $F_{ПРИП}$ та витяжних $F_{ВИТ}$ аераційних отворів, що забезпечують необхідний повітрообмін.

Площа припливних аераційних отворів у стіні визначається за формулою:

$$F_{ПРИП} = \frac{G_{ПРИП}}{3600\sqrt{\frac{2g\gamma_{ЗОВН}}{\xi_1}\Delta p_1}} \ (м^2), \qquad (2.1)$$

де $G_{ПРИП}$ — необхідна кількість (за масою) повітря, яке надходить в приміщення, *кг/год*;

g — прискорення вільного падіння, $м/с^2$ ($g = 9{,}8\ м/с^2$);

$\gamma_{ЗОВН}$ — питома вага зовнішнього повітря ($кг/м^3$), визначається за формулою:

$$\gamma = \frac{353}{t + 273} \ (кг/м^3), \qquad (2.2)$$

де t — температура повітря, для якого визначається γ, °С;

ξ_1 — коефіцієнт місцевого опору припливних отворів (табл. 2.3);

Δp_1 — втрати тиску на прохід повітря через припливні отвори ($кг/м^2$), визначаються за формулою:

$$\Delta p_1 = \beta \Delta p \ (кг/м^2), \qquad (2.3)$$

де β — частина різниці тисків, яка витрачається на прохід повітря через припливні отвори ($\beta = 0{,}1—0{,}4$);

Δp — різниця тисків, які створює переміщення аераційного повітря через припливні та витяжні отвори ($кг/м^2$), визначається за формулою:

$$\Delta p = (h_{Т.ПЕР} - h_Н)(\gamma_{ЗОВН} - \gamma_{ВН}) + (h_В - h_{Т.ПЕР})(\gamma_{ЗОВН} - \gamma_{ВИД}) \ (кг/м^2), \qquad (2.4)$$

де $h_Н$ — відстань від центру припливного (нижнього) отвору до нейтральної зони*, *м*;

$h_В$ — відстань від центру витяжного (верхнього) отвору до нейтральної зони, *м*;

$\gamma_{ВН}$ — питома вага внутрішнього повітря, $кг/м^3$;

$\gamma_{ВИД}$ — питома вага повітря, що видаляється, $кг/м^3$;

$h_{Т.ПЕР}$ — відстань від температурного перекриття над підлогою (*м*), визначається за формулою:

$$h_{Т.ПЕР} = 0{,}1\left(\frac{C(t + 273)}{g\gamma_{ВН}^2}\frac{G}{n^2 Q_{КОНВ}}\right)^{1/5} - h_{ПОЛ} \ (м), \qquad (2.5)$$

де C — питома теплоємність повітря, $ккал/кг\,°С$ ($C = 0{,}24\ ккал/кг\,°С$);

t — температура внутрішнього повітря (в робочій зоні) °С;

G — необхідна кількість (за масою) повітря, яке забезпечує підтримання оптимальної температури в робочій зоні приміщення, *кг/год*;

n — число основних джерел тепловиділення;

$Q_{КОНВ}$ — кількість конвентивного тепла, яке виділяється в приміщенні від основних джерел тепловиділення, *ккал/год*;

$h_{ПОЛ}$ — полюсна відстань джерел тепловиділення (*м*), визначається за формулою:

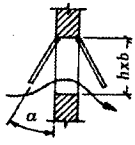
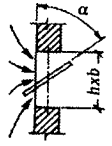
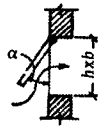
$$h_{ПОЛ} = \frac{2lb}{l + b} \ (м), \qquad (2.6)$$

де l, b — відповідно довжина та ширина джерела тепловиділення, *м* (табл. 2.4).

* *Нейтральна зона* — це умовна площина всередині приміщення, яка знаходиться на висоті, де тиск рівний тиску зовнішнього повітря.

Таблиця 2.3

Характеристика припливних отворів та величини коефіцієнтів місцевого опору ξ припливних отворів

Стулка	Схема отвору	h/b	Кут відкривання отвору, α^0				
			15	30	45	60	90
Одинарна верхньопідвісна		0 0,5 1	30,8 20,6 16	9,2 6,9 5,7	5,2 4 3,7	3,5 3,2 3,1	2,6 2,6 2,6
Одинарна середньопідвісна		0 1	59 45,3	13,6 11,1	6,6 5,2	3,2 3,2	2,7 2,4
Подвійна (обидві стулки верхньопідвісні)		0,5 1	30,8 14,8	9,8 4,9	5,2 3,8	3,5 3	2,4 2,4
Аераційні ворота		—	—	—	—	—	2,4

Таблиця 2.4

Характеристика джерел тепловиділення

Джерело тепловиділення	Число джерел, n	Геометричні розміри, $м$			Тепловиділення $Q_{т.в}$, тис. ккал/год.
		довжина, l	ширина, b	висота, h	
Піч камерна	5	3	4	2,5	280
Піч термічна	4	3,5	2	3	225
Піч методична	8	5	3	3	375
Прес	12	2	2	4,5	115
Місце зберігання продукції	12	2	2	1,5	275

Площа отворів ліхтаря визначається за формулою:

$$F_{ліхт} = \frac{G_{вит}}{3600\sqrt{\frac{2g\gamma_{вид}}{\xi_2}\Delta p_2}} \ (м^2), \qquad (2.7)$$

де ξ_2 — коефіцієнт місцевого опору ліхтаря (табл. 2.5);

Δp_2 — втрати тиску на прохід повітря через отвори ліхтаря ($кг/м^2$), визначається за формулою:

$$\Delta p_2 = \Delta p - \Delta p_1 \ (кг/м^2). \qquad (2.8)$$

Таблиця 2.5

Характеристика аераційних ліхтарів та величини коефіцієнтів місцевого опору ξ отворів ліхтаря

Тип ліхтаря	A/h	l/h	α, °	ξ
Витяжний КТИС	4	1,1	40	4,3
Припливний П-видний без вітрозахисних панелей	3,3	—	35 70	12,2 6
Витяжний П-видний без вітрозахисних панелей	3,3	—	35 45 55	8,9 5,9 3,8
Витяжний П-видний з вітрозахисними панелями	3,3	1,5	35 45 55 70	11,5 9,2 7,1 5,8
Витяжний П-видний з вітрозахисними панелями	3,3	2	35 45 55	9,4 6,2 5,1
Витяжний П-видний з стулками на вертикальній осі і без вітрозахисних панелей	7,4 3,6 2,8	—	90	2,1 1,8 1,4
Витяжний П-видний з стулками на вертикальній осі з вітрозахисними панелями	7,4 3,6 2,8	1,5	90	4,2 4,1 3,7
Витяжний щілинний	—	—	45 75 90	4,3 3 2,8

Коли як припливні отвори використовуються ворота, на яких встановлена завіса, то площа припливних аераційних отворів визначається за формулою:

$$F_B = \frac{G_{ПРИП}}{3600\mu\sqrt{2gh_{Н.З}\left(\gamma_{ВН} - \gamma_{ЗОВН}\right)\gamma_{ЗОВН}}} \ (м^2), \qquad (2.9)$$

де μ — коефіцієнт втрат, що залежить від конструкції отвору (значення наведені в п. 2.6);

$h_{Н.З}$ — висота нейтральної зони, *м*.

Висота положення нейтральної зони, при наявності в приміщенні природного повітрообміну, визначається за формулою:

$$h_{Н.З} = \frac{h}{\left(\frac{F_B\mu}{F_{ВИТ}}\left(1-g\right)+\frac{F_{ПРИП}}{F_{ВИТ}}\right)^2 \frac{\gamma_{ЗОВН}}{\gamma_{ВН}} + 1} \ (м), \qquad (2.10)$$

де h — відстань від середини воріт до середини фрамуг аераційного ліхтаря, *м*;

$F_{ВИТ}$ — сумарна площа отворів в ліхтарі, $м^2$;

$F_{ПРИП}$ — сумарна площа отворів у вікнах та дверях, $м^2$.

Для збільшення природної тяги за рахунок енергії вітру над витяжними каналами встановлюють дефлектори.

Широке використання знайшли дефлектори типу ЦАГИ. Розміри дефлекторів та їх продуктивність наведені в таблицях 2.6, 2.7.

Таблиця 2.6

Дефлектори круглі типу ЦАГИ

№ дефлектора	Діаметр патрубка $d_в$, *мм*	Площа перерізу патрубка, $м^2$	Розміри, *мм*							Розміри кутників для фланця
			$Д_1$	$Д_2$	$Д_3$	А	Б	В	Г	
1	100	0,0078	126	200	170	120	100	70	50	30x30x4
2	200	0,0314	252	400	340	240	200	140	100	30x30x4
3	300	0,0707	378	600	510	360	300	210	150	30x30x4
4	400	0,1260	504	850	670	480	400	280	150	30x30x4
5	500	0,1960	630	1000	850	680	500	350	200	30x30x4
6	600	0,2830	756	1200	1020	720	600	420	200	50x50x5
7	700	0,3850	882	1400	1190	840	700	490	200	50x50x5
8	800	0,5020	1008	1600	1360	960	800	560	250	50x50x5
9	900	0,6360	1134	1800	1530	1080	900	630	250	50x50x5
10	1000	0,7850	1260	2000	1700	1200	1000	700	250	50x50x5

Таблиця 2.7

Продуктивність дефлекторів типу ЦАГИ ($м^3/год.$) під дією вітру при встановленні без повітропроводів

№ дефлектора	Швидкість вітру, $м/с$				
	2	2,5	3	3,5	4
3	240	300	360	420	480
4	380	475	570	660	760
5	670	850	1000	1180	1350
6	980	1230	1470	1720	1960
7	1330	1670	2000	2300	2670
8	1740	2170	2600	3050	3470
9	2210	2760	3320	3860	4420
10	2700	3370	4040	4720	5400

Розрахунок природної вентиляції. При організації природної вентиляції необхідно значну увагу звернути на вибір швидкості, площу перерізу каналів та правильне визначення гравітаційного тиску. Гравітаційний тиск визначаємо за формулою:

$$H_{гр} = h(\gamma_{+5} - \gamma_{вн}) \ (кг/м^2), \qquad (2.11)$$

де h — відстань по вертикалі між серединами вхідного та вихідного отворів каналів, *м*;

γ_{+5} — питома вага зовнішнього повітря, яка приймається при температурі +5 °С, *кг/м*³;

$\gamma_{ВН}$ — питома вага внутрішнього повітря при температурі приміщення, *кг/м*³.

При розрахунку визначаються: кількість повітря, яке необхідно видалити з приміщення L_g; необхідна конструкція газо-, паро-, пилоприймача; діаметр патрубка дефлектора при врахуванні: тільки теплового напору, тільки вітрового напору, вітрового і теплового напорів.

Діаметр патрубка дефлектора ЦАГИ можна визначити за спеціальними формулами і графіками.

Діаметр дефлектора (патрубка) визначаємо за формулою:

$$d_g = 0{,}0188\sqrt{\frac{L_g}{\upsilon_g}} \ (м), \tag{2.12}$$

де L_g — необхідна продуктивність дефлектора, *м*³/*год.*;

υ_g — швидкість руху повітря в патрубку дефлектора, що створюється вітром, який обдуває дефлектор зі швидкістю $\upsilon_{ВІТ}$, (швидкість вітру приймається за кліматичними даними для відповідного населеного пункту України). Можна приймати $\upsilon_g = 0{,}4\upsilon_{ВІТ}$ *(м/с)*.

При використанні тільки теплового напору (гравітаційного тиску) швидкість повітря в патрубку визначається за формулою:

$$\upsilon_g = \sqrt{\frac{16H_{ГР}}{\sum\xi + 0{,}61 + 0{,}02l/d_g}} \ (м/с); \tag{2.13}$$

при використанні тільки вітрового напору:

$$\upsilon_g = \sqrt{\frac{0{,}4\upsilon_{ВІТ}^2}{1{,}2 + \sum\xi + 0{,}02l/d_g}} \ (м/с); \tag{2.14}$$

при використанні теплового та вітрового напорів:

$$\upsilon_g = \sqrt{\frac{16H_{ГР} + 0{,}4\upsilon_{ВІТ}^2}{1{,}2 + \sum\xi + 0{,}02l/d_g}} \ (м/с), \tag{2.15}$$

де $H_{ГР}$ – тепловий напір, *кг/м*²;

$\upsilon_{ВІТ}$ – швидкість вітру, *м/с*;

l – довжина патрубку або витяжного повітроводу (шахти) по вертикалі, *м*;

$\sum\xi$ — сума коефіцієнтів місцевих опорів витяжного повітроводу (мережі) до дефлектора, при відсутності витяжного повітря повітроводу $\sum\xi = 0{,}5$ (опір входу в патрубок дефлектора).

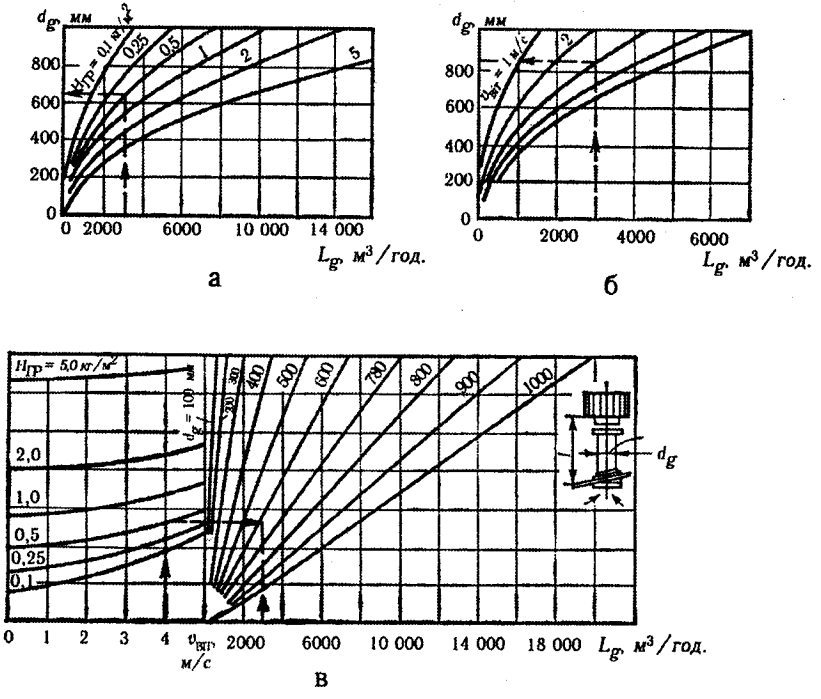


Рис. 2.3. Графіки для підбору дефлектора ЦАГИ:
а – при врахуванні теплового напору; б – при врахуванні вітрового напору; в – при врахуванні теплового та вітрового напорів

Графіки на рис. 2.3 складені при $\sum\xi = 0{,}5$ і $l = 5$ *м*. При значеннях $\sum\xi > 0{,}5$, отримані за графіком діаметри необхідно помножити на поправочний коефіцієнт k, який приймаємо:

при $\sum\xi = 1{,}0$ – $k = 1{,}06$;
при $\sum\xi = 1{,}5$ – $k = 1{,}12$;
при $\sum\xi = 2{,}0$ – $k = 1{,}18$.

Приклад 2.1. Визначити діаметр дефлектора для видалення з приміщення повітря. Продуктивність дефлектора $L_g = 3000\ м^3/год.$, $H_{ГР} = 0{,}5\ кг/м^2$, $v_{ВІТ} = 4\ м/с$, дефлектор встановлений на даху — $\sum\xi = 0{,}5$, $l = 5{,}0\ м$.

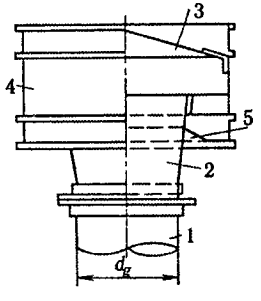


Рис. 2.4. Дефлектор ЦАГИ:
1 — патрубок (витяжна труба); 2 — дифузор; 3 — зонт-ковпак; 4 — циліндр; 5 — конусний щиток

Розрахунок. Враховуючи тільки тепловий тиск за графіком (рис. 2.3, а), знаходимо d_g = 650 *мм*, приймаємо найближчий більший d_g = 700 *мм*. Враховуючи тільки повітряний тиск за графіком (рис. 2.3, б) d_g = 860 *мм*, приймаємо d_g = 900 *мм*.

Враховуючи тепловий та вітровий напори за графіком (рис. 2.3, в), знаходимо d_g = 620 *мм*, приймаємо d_g = 700 *мм*. Хід рішення на рис. 2.3 показано пунктирними лініями.

Приклад 2.2. Розрахувати аерацію в однопрольотній будівлі (цеху) в теплий період року, тобто визначити площу аераційних отворів для таких даних: кількість повітря, яке повинно надходити в приміщення $G_{ПРИП}$ = 38 000 *кг/год.*, а яке видаляється з приміщення $G_{ВИТ}$ = 29 000 *кг/год.*; відстань між осями отворів h = 10 *м*; температура зовнішнього повітря $t_{ЗОВН}$ = 20 °С, температура внутрішнього повітря $t_{ВН}$ = 25 °С. Коефіцієнт m = 0,41 приймаємо згідно табл. 2.8. Конструкція стулки віконного отвору — одинарна верхньопідвісна (h/b = 1) з кутом відкривання отвору α = 45° (табл. 2.3). Ліхтар П-видний з фрамугами на вертикальній осі з вітрозахисними панелями, які знаходяться на відносній відстані l/h = 1,5, з кутом відкривання α = 90° (табл. 2.5, рис. 2.5).

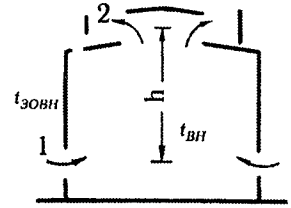


Рис. 2.5. Схема аерації однопрольотної будівлі: 1 і 2 — номери вентотворів

Розрахунок. Визначаємо температуру повітря, яке видаляється з верхньої зони приміщення за формулою:

$$t_{ВИД} = t_{ЗОВН} + \frac{t_{ВН} - t_{НРЗ}}{m} \quad (^0\text{C}), \qquad (2.16)$$

де $t_{НРЗ}$ — температура повітря, яка надійшла в робочу зону (в теплий період року $t_{НРЗ} = t_{ЗОВН}$);

m — коефіцієнт, що приймається згідно табл 2.8 або 2.9.

$$t_{ВИД} = 20 + \frac{25 - 20}{0,41} = 32,2 \ (^0\text{C}).$$

Таблиця 2.8

Коефіцієнт m для виробничих приміщень за умови подачі повітря в робочу зону та видалення його з верхніх зон

Виробничі приміщення підприємств	Коефіцієнт m
Металургійні підприємства	0,3—0,85
Підприємства хімічної промисловості	0,2—1,0
Металообробні підприємства	0,25—0,45
Підприємства будівельних матеріалів та керамічних виробів	0,35—1,0
Підприємства залізобетонних виробів	0,4—0,65
Нафтопереробні підприємства	0,5—0,8
Підприємства поліграфічної промисловості	0,55—0,6
Підприємства харчової промисловості	0,3—1,0

Таблиця 2.9

Коефіцієнт m для виробничих приміщень, в яких встановлене тепловипромінююче обладнання

f/F	0,05	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6
m	0,33	0,41	0,53	0,63	0,69	0,75	0,8

Примітка. f — площа, яку займає тепловипромінююче обладнання, $м^2$; F — загальна площа виробничого приміщення, $м^2$.

Визначаємо питому вагу повітря за формулою:

$$\gamma = \frac{353}{t+273} \ (кг/м^3);$$

$$\gamma_{зовн} = \frac{353}{20+273} = 1,205 \ (кг/м^3);$$

$$\gamma_{вид} = \frac{353}{32,2+273} = 1,157 \ (кг/м^3).$$

Розподілений тиск визначаємо за формулою:

$$\Delta p_{1,2} = h\left(\gamma_{зовн} - \gamma_{вн}\right) = 10\left(1,205 - 1,157\right) = 0,48 \ (кг/м^2). \qquad (2.17)$$

Втрати тиску на прохід повітря через припливні отвори можна визначити за формулою:

$$\Delta p_1 = \beta \Delta p = 0,2 \cdot 0,48 = 0,096 \ кг/м^2.$$

Втрати тиску на прохід повітря через ліхтар можна визначити за формулою:

$$\Delta p_2 = \Delta p_{1,2} - \Delta p_1 = 0,48 - 0,096 = 0,384 \ кг/м^2.$$

Визначаємо площу отворів у стіні $F_{прип}$ і площу отворів ліхтаря $F_{ліхт}$ за формулами:

$$F_{прип} = \frac{G_{прип}}{3600\sqrt{\frac{2g\gamma_{зовн}}{\xi_1}\Delta p_1}} = \frac{38000}{3600\sqrt{\frac{2 \cdot 9,8 \cdot 1,205}{3,7} \cdot 0,096}} = 13,5 \ м^2;$$

$$F_{ліхт} = \frac{G_{вит}}{3600\sqrt{\frac{2g\gamma_{вид}}{\xi_2}\Delta p_2}} = \frac{29000}{3600\sqrt{\frac{2 \cdot 9,8 \cdot 1,157}{4,1} \cdot 0,384}} = 5,5 \ м^2.$$

2.5. ШТУЧНА (МЕХАНІЧНА) ВЕНТИЛЯЦІЯ ТА ЇЇ ЗАСТОСУВАННЯ

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

При механічній вентиляції повітрообмін досягається за рахунок різниці тисків, які створюються вентилятором. Механічна вентиляція застосовується в тих випадках, коли тепловиділення в цеху (виробничому приміщенні) недостатні для постійного (протягом року) використання аерації, а також тоді, коли кількість або токсичність шкідливих речовин, які виділяються у повітря приміщення є такою, що виникає необхідність постійного повітрообміну незалежно від зовнішніх метеорологічних умов.

Механічна вентиляція може бути робочою або аварійною. В свою чергу робоча вентиляція за місцем дії може бути загальнообмінною, місцевою, комбінованою.

Загальнообмінна вентиляція за напрямком потоку повітря може бути припливна, витяжна, припливно-витяжна.

Припливна вентиляція забезпечує подачу чистого зовнішнього повітря у виробничі приміщення. Вона може використовуватись у виробничих приміщеннях зі значними тепловиділеннями і малою концентрацією шкідливих речовин. У цьому випадку видалення забрудненого повітря здійснюється через фрамуги, дефлектори, вентиляційний жолоб.

Витяжна вентиляція може застосовуватись у виробничих приміщеннях, в яких відсутні шкідливі виділення і необхідна мала кратність повітрообміну, в допоміжних та побутових приміщеннях, складах.

Припливно-витяжна вентиляція застосовується у всіх приміщеннях, коли необхідно забезпечити підвищений і надійний обмін повітря. При такому виді вентиляції у виробничих приміщеннях з малими виділеннями шкідливих речовин доцільно створювати невеликий надлишковий тиск повітря, а у суміжних з ними приміщеннях зі значними виділеннями шкідливих речовин приплив повітря повинен складати 95% об'єму витяжки. А решта 5% припливного повітря надходить із суміжних, більш чистих приміщень.

У виробничих приміщеннях, де виділяється значна кількість шкідливих газів, парів, пилу витяжка, повинна бути на 10% більшою ніж приплив, щоб шкідливі речовини не витіснялись у суміжні приміщення з меншою шкідливістю.

В системі припливно-витяжної вентиляції можливе використання не лише зовнішнього повітря, але й повітря самих приміщень після його очищення, тобто використання принципу рециркуляції. Рециркуляція здійснюється в холодний

період року для економії тепла, що витрачається на підігрівання припливного зовнішнього повітря.

При використанні принципу рециркуляції необхідно дотримуватись таких вимог: кількість чистого зовнішнього повітря, що надійшло, повинно складати не менше 10% загальної кількості повітря, яке подається в приміщення; повітря, яке подається в приміщення, повинно містити шкідливих речовин 4 класу небезпеки не більше 30% ГДК цих речовин у повітрі робочої зони.

Рециркуляцію недоцільно використовувати у виробничих приміщеннях, у повітряному середовищі яких можуть бути отруйні суміші, неприємні запахи, мікроорганізми, що можуть спричинити захворювання або тоді, коли може різко збільшитись концентрація шкідливих та вибухонебезпечних парів, газів та пилу.

Системи місцевих відсмоктувачів та системи загальнообмінної витяжної вентиляції проектуються окремо.

Системи загальнообмінної припливно-витяжної вентиляції або кондиціонування повітря виробничих будівель та приміщень без природного провітрювання необхідно проектувати таким чином, щоб було не менше двох припливних і двох витяжних вентиляційних установок, які при відключені однієї з них забезпечували б продуктивність не менше ніж на 50% необхідного повітрообміну. При проектуванні однієї припливної та однієї витяжної установки або кондиціонера необхідно передбачити установку резервних вентиляторів з електродвигунами, які автоматично вмикаються при зупинці основних вентиляторів.

Система аварійної вентиляції передбачається у виробничих приміщеннях, в яких можливе раптове надходження у повітря великої кількості шкідливих або вибухонебезпечних речовин, згідно вимог технологічної частини проекту, відомчих нормативних документів та СНиП 2.04.05-91.

Калорифери. Для підігріву повітря в системах вентиляції, кондиціонування та повітряного опалення використовують калорифери, у яких теплоносієм застосовується пара або вода. Проектують калориферні установки виходячи з мінімального числа калориферів з арматурою, яка забезпечує регулювання продуктивності за теплом.

Калорифери виготовляють двох моделей: середньої — марок КФС, КМС, КФСО та великої — марок КФБ, КМБ, КФБО, Б, КВБ.

За рухом теплоносія калорифери поділяються на одноходові (КВБ, КФС, КФБ, КФСО, КФБО та СТД 3009 В) і на багатоходові (СТД 3010 В, КМС і КМБ). Калорифери КФСО і КФБО — ребристі, решта пластинчаті.

Калорифери середньої моделі за напрямком руху повітря мають три ряди паралельних труб, а калорифери великої моделі — чотири. Калорифери ребристі мають шахматне розташування труб, а калорифери типу СТД — плоскі труби.

Калорифери СТД розраховані на робочий тиск 8 атмосфер, а решта типів калориферів — до 6 атмосфер.

Розрахунок та підбір калориферів проводиться в такому порядку.

Визначається кількість тепла, яке йде на підігрів повітря за формулою:

$$Q = L \cdot c \cdot \gamma_{пов} \left(t_{кін} - t_{поч} \right), \ (ккал/год.), \tag{2.18}$$

де L – кількість повітря, яке нагрівається, $м^3/год.$;

$\gamma_{пов}$ – питома вага повітря при температурі приміщення, $кг/м^3$;

c – вагова теплоємність повітря, $ккал/кг\,^0C$;

$t_{кін}$ – кінцева температура нагрітого повітря, ^0C;

$t_{поч}$ – початкова температура нагрітого повітря, ^0C.

Необхідний живий переріз у калорифері для проходу повітря визначаємо за формулою:

$$f_{поч} = \frac{L \cdot \gamma_{пов}}{3600 \cdot \upsilon_{\gamma}} \ (м^2), \tag{2.19}$$

де υ_{γ} — вагова швидкість повітря, $кг/м^2 \cdot с$ (приймається в межах υ_{γ} = 7—10 $кг/м^2 \cdot с$, а для ребристих калориферів υ_{γ} = 3—5 $кг/м^2 \cdot с$).

Згідно таблиць 2.10—2.13 вибирають калорифери за живим перерізом для проходу повітря.

Для кожної вибраної моделі калорифера розрахунок проводять окремо.

Таблиця 2.10

Калорифери стальні пластинчаті середньої моделі КФС і КФБ

Номер калорифера	Поверхня нагріву, $м^2$		Живий переріз, $м^2$		
	КФС	КФБ	за повітрям	за теплоносієм	
				КФС	КФБ
1*	7,25	9,3	0,0851	0,0046	0,0061
2	9,9	12,7	0,115	0,0046	0,0061
3	13,2	16,9	0,154	0,0061	0,0082
4	16,7	21,4	0,195	0,0061	0,0082
5	20,9	26,8	0,244	0,0076	0,0102
6	25,3	32,4	0,295	0,0076	0,0102
7	30,4	38,9	0,354	0,0092	0,0122
8	35,7	45,7	0,416	0,0092	0,0122
9	41,6	53,3	0,486	0,0107	0,0143
10	47,8	61,2	0,558	0,0107	0,0143
11	54,6	69,9	0,638	0,0122	0,0163
12*	61,6	79,0	0,720	0,0122	0,0163
13*	69,3	88,8	0,810	0,0138	0,0184
14*	77,3	99,0	0,903	0,0138	0,0184

Примітка. Калорифери, які позначені зірочкою, не випускаються промисловістю.

Таблиця 2.11

Калорифери стальні пластинчаті з плоскими зварними трубами типу СТД 3009 моделі Б, теплоносій пара та СТД 3010 моделі Б, теплоносій вода

Номер калорифера	Поверхня нагріву, $м^2$	Живий переріз, $м^2$		
		за повітрям	за теплоносієм	
			3009	3010
5	20,4	0,272	0,0080	0,00134
7	29,1	0,388	0,0096	0,0016
8	34,3	0,457	0,0096	0,0016
9	40,5	0,533	0,0112	0,0014
14	74,2	0,990	0,0144	0,0024

Примітка.

В калориферах СТД 3010 Б5-9 значення живого перерізу для проходу теплоносія є усереднені враховуючи неоднакову кількість труб в теплообміннику.

Таблиця 2.12

Калорифери стальні ребристі середньої моделі КФСО та більшої моделі КФБО

Номер калорифера	Поверхня нагріву, $м^2$		Живий переріз, $м^2$			
	КФСО	КФБО	за повітрям	за теплоносієм	за повітрям	за теплоносієм
			КФСО		КФБО	
2	9,77	13,02	0,0913	0,0061	0,091	0,0081
4	17,06	20,68	0,153	0,0084	0,143	0,0107
5	21,71	26,68	0,167	0,0107	0,182	0,0135
6	26,29	32,65	0,227	0,0107	0,222	0,0135
7	30,05	40,06	0,271	0,0122	0,271	0,0163
8	35,28	47,00	0,318	0,0122	0,318	0,0165
9	41,89	53,86	0,375	0,0145	0,375	0,0193
10	48,22	64,30	0,431	0,0145	0,431	0,0193
11	55,84	71,00	0,497	0,0168	0,475	0,0213

Таблиця 2.13

Калорифер стальний пластинчатий багатоходовий середньої та більшої моделі типу КМС та КМБ

Номер калорифера	Поверхня нагріву, $м^2$		Живий переріз, $м^2$			Кількість					
	КМС	КМБ	за повітрям	за теплоносієм		ходів	секцій	труб		монтажних отворів	пластин
				КМС	КМБ			КМС	КМБ		
2	9,9	12,7	0,115	0,0023	0,0030	2	3	18	24	32	333
3	13,2	16,9	0,154	0,0015	0,0020	4	4	24	32	36	444
4	16,7	21,4	0,195	0,0015	0,0020	4	4	24	32	40	564
5	20,9	26,8	0,244	0,0019	0,0025	4	5	30	40	44	705
6	25,3	32,4	0,295	0,0019	0,0025	4	5	30	40	48	855
7	30,4	38,9	0,354	0,0023	0,0030	4	6	36	48	52	1025
8	35,7	45,7	0,415	0,0023	0,0030	4	6	36	48	56	1206
9	41,6	53,3	0,485	0,0018	0,0024	6	7	42	56	60	1407
10	47,8	61,2	0,558	0,0018	0,0024	6	7	42	56	64	1617
11	54,6	69,9	0,638	0,0020	0,0027	6	8	48	64	68	1848

Примітки: 1. При установці калориферів з вертикальним положенням труб у кришках калориферів повинні бути виконані отвори і встановлені коркові крани для випуску повітря та спуску води з кожного відсіку калорифера.

2. В зв'язку з обмеженими даними досліджень підбір калориферів КМС та КМБ тимчасово може проводитись так, як для калориферів КФС та КФБ, збільшуючи коефіцієнт теплопередачі при температурах води 95°/70 °С в 1,6 рази, а при 130°/70 °С — в 1,4 рази.

За дійсним живим перерізом калорифера $f_{ПОВ}$ конкретної моделі уточнюється вагова швидкість повітря

$$\upsilon_{\gamma} = \frac{L \cdot \gamma_{ПОВ}}{3600 \cdot f_{ПОВ}} \ (кг/м^3 \cdot с). \qquad (2.20)$$

Швидкість води в трубах калорифера визначається за формулою:

$$W = \frac{Q}{3600 \cdot 1000 \cdot f_{ТР}\left(t_{Г} - t_{ЗВ}\right)} \ (м/с), \qquad (2.21)$$

де $f_{ТР}$ — живий переріз труб калорифера для води, $м^2$;

$t_{Г}$ — температура гарячої води, яка подається з магістралі, °С;

$t_{ЗВ}$ — температура зворотної води, °С;

Q — витрати тепла на підігрівання повітря, *ккал/год.*

Якщо встановлюється декілька калориферів, то кількість тепла приймається в залежності від схеми під'єднання калориферів до трубопроводів. При паралельному під'єднанні трубопроводів приймається відповідна частина, загальної кількості тепла, тобто Q/m, (m — кількість калориферів), а при послідовному — загальні витрати тепла на нагрівання всієї кількості повітря.

Згідно табл. 2.14—2.22 для вибраної моделі калорифера визначаємо коефіцієнт теплопередачі та опір.

Таблиця 2.14

Коефіцієнт теплопередачі калориферів КФБ та КФС*

Швидкість руху теплоносія, *м/с*	Вагова швидкість повітря v_ρ *кг/м²·с*													
	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Теплоносій вода Модель КФС														
0,02	9,8	10,9	11,7	12,3	12,8	13,4	13,8	14,2	14,6	14,9	15,2	15,5	15,9	16,1
0,03	10,0	11,1	12,0	12,7	13,3	13,8	14,4	14,7	15,1	15,5	15,9	16,3	16,6	16,9
0,04	10,2	11,4	12,3	13,0	13,6	14,3	14,8	15,2	15,6	16,1	16,5	16,9	17,3	17,5
0,05	10,4	11,8	12,7	13,5	14,1	14,8	15,4	15,9	16,4	16,9	17,3	17,7	18,1	18,3
0,06	10,6	12,0	13,0	13,9	14,5	15,2	15,9	16,4	16,9	17,5	17,9	18,3	18,8	18,9
0,07	10,8	12,3	13,3	14,2	14,9	15,7	16,4	16,9	17,4	18,0	18,5	19,0	19,4	19,7
0,08	11,0	12,6	13,7	14,6	15,3	16,1	16,8	17,6	18,1	18,6	19,1	19,6	20,1	20,3
0,09	11,2	12,8	14,0	14,9	15,7	16,6	17,3	18,1	18,6	19,1	19,7	20,2	20,7	21,0
0,10	11,4	13,1	14,3	15,3	16,1	17,0	17,8	18,6	19,1	19,7	20,2	20,8	21,4	21,7
0,20	12,6	14,7	16,4	17,6	18,7	19,9	20,9	21,7	22,5	23,3	24,0	24,9	25,6	26,1
0,30	13,2	15,5	17,3	18,7	19,8	21,2	22,2	23,2	24,0	24,9	25,7	26,7	27,4	28,0
0,40	13,5	16,0	17,8	19,5	20,6	22,1	23,2	24,2	25,1	26,0	26,9	28,0	28,7	29,4
0,50	13,7	16,2	18,1	19,8	21,0	22,4	23,7	25,0	26,0	27,0	28,0	29,0	29,8	30,6
0,60	13,8	16,4	18,4	20,1	21,5	22,9	24,2	25,4	26,6	27,7	28,8	29,8	30,5	31,3
0,80	14,0	16,6	18,8	20,6	22,1	23,5	25,0	26,1	27,4	28,2	29,7	30,5	31,6	32,3
Модель КФБ														
0,02	9,4	10,4	11,3	12,0	12,6	13,2	13,7	14,2	14,6	15,0	15,4	15,7	16,0	16,4
0,03	9,6	10,6	11,6	12,4	13,1	13,7	14,3	14,8	15,2	15,6	16,1	16,5	16,9	17,2
0,04	9,7	10,9	11,9	12,7	13,4	14,0	14,7	15,1	15,6	16,1	16,6	17,0	17,5	17,9
0,05	9,8	11,2	12,2	13,1	13,8	14,5	15,1	15,6	16,2	16,7	17,2	17,5	18,1	18,5
0,06	9,9	11,4	12,5	13,4	14,2	14,9	15,5	16,1	16,7	17,2	17,8	18,1	18,8	19,1
0,07	10,1	11,6	12,8	13,7	14,5	15,3	16,0	16,5	17,2	17,8	18,4	18,7	19,4	19,8
0,08	10,2	11,8	13,0	14,1	14,9	15,7	16,5	17,0	17,7	18,3	19,0	19,4	20,1	20,5
0,09	10,4	12,1	13,3	14,4	15,3	16,1	16,9	17,5	18,2	18,9	19,6	20,0	20,7	21,2
0,10	10,5	12,3	13,6	14,7	15,6	16,5	17,3	18,0	18,8	19,4	20,2	20,6	21,4	21,8
0,20	11,5	13,7	15,2	16,8	18,0	19,1	20,3	21,1	22,1	23,0	24,0	24,6	25,6	26,1
0,30	11,9	14,3	16,2	17,7	19,1	20,3	21,5	22,5	23,6	24,5	25,7	26,4	27,4	28,0
0,40	12,2	14,8	16,6	18,3	19,8	21,1	22,2	23,4	24,6	25,6	26,9	27,6	28,7	29,3
0,50	12,4	15,0	17,0	18,8	20,1	21,7	22,9	24,1	25,4	26,5	27,6	28,5	29,7	30,4
0,60	12,5	15,1	17,1	19,0	20,3	21,9	23,1	24,5	25,7	26,8	27,9	28,9	29,9	30,9
0,80	12,6	15,2	17,4	19,3	20,8	22,2	23,8	25,1	26,4	27,4	28,8	29,9	30,8	31,9
Теплоносій пара Модель КФС														
—	15,6	18,2	20,1	21,8	23,3	24,8	25,9	27,4	28,1	29,4	30,0	31,0	31,8	32,6
Модель КФБ														
—	13,4	15,7	17,9	19,5	21,2	22,5	24,0	25,2	26,3	27,3	28,4	29,6	30,3	31,3

* Згідно з матеріалами Сантехпроекту.

Таблиця 2.15

Коефіцієнти теплопередачі* калориферів КФСО та КФБО

Швидкість руху теплоносія, *м/с*	Вагова швидкість повітря v_ρ, *кг/м² с*														
	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Теплоносій вода Модель КФСО															
0,02	13,2	14,9	16,4	17,6	18,6	19,4	20,2	20,8	21,5	22,2	22,8	23,5	24,0	24,6	25,1
0,03	13,5	15,4	17,0	18,8	19,4	20,3	21,1	21,9	22,7	23,4	24,2	24,9	25,4	26,0	26,4
0,04	13,8	15,9	17,6	19,0	20,1	21,1	22,1	22,9	23,8	24,6	25,4	26,1	26,8	27,4	28,0
0,05	14,2	16,4	18,2	19,6	20,8	21,9	23,0	24,0	24,9	25,7	26,6	27,3	28,1	28,8	29,4
0,06	14,6	17,0	18,8	20,3	21,6	22,8	24,0	25,0	26,0	26,8	27,8	28,6	29,4	30,1	30,8
0,07	15,0	17,5	19,3	20,9	22,4	23,7	24,9	25,8	27,0	27,9	29,0	29,8	30,6	31,4	32,2
0,08	15,3	17,8	19,8	21,5	23,0	24,5	25,7	26,8	27,9	28,9	30,1	30,9	31,8	32,7	33,5
0,09	15,5	18,2	20,3	22,1	23,7	25,2	26,5	27,7	29,0	29,9	31,1	32,1	33,0	33,9	34,8
0,10	15,9	18,7	20,8	22,7	24,4	25,9	27,3	28,5	29,8	30,8	32,0	33,1	34,0	35,0	35,7
0,12	16,4	19,3	21,6	23,6	25,5	27,0	28,5	29,8	31,1	32,3	33,5	34,6	35,6	36,6	37,6
0,14	17,0	20,0	22,3	24,5	26,4	28,1	29,6	31,0	32,4	33,6	34,9	36,0	37,0	38,1	39,1
0,16	17,3	20,4	22,9	25,2	27,1	28,9	30,4	32,0	33,5	34,8	36,1	37,3	38,4	39,5	40,6
0,18	17,6	20,7	23,4	25,7	27,8	29,6	31,4	32,9	34,4	35,7	37,2	38,4	39,6	40,8	41,9
0,20	17,7	21,1	23,8	26,2	28,4	30,3	32,2	33,8	35,3	36,7	38,3	39,5	40,7	42,0	43,1
0,25	17,9	21,4	24,6	27,2	29,5	31,7	33,6	35,4	37,2	38,8	40,4	42,0	43,4	44,7	46,2
0,30	18,3	22,0	25,3	28,0	30,5	32,0	35,0	36,9	38,8	40,5	42,3	43,9	45,5	47,1	48,4
0,35	18,5	22,5	25,8	28,8	31,4	33,8	35,9	38,1	40,1	42,0	44,0	45,6	47,4	49,0	50,5
0,40	18,7	22,8	26,2	29,4	32,2	34,7	37,0	39,2	41,4	43,3	45,3	47,2	48,9	50,5	52,2
0,50	18,9	23,2	26,8	30,1	33,0	35,6	38,1	40,3	42,7	44,7	47,0	48,9	50,8	52,6	54,3
0,60	19,0	23,5	27,2	30,6	33,6	36,4	39,0	41,4	43,9	46,1	48,4	50,3	52,3	54,2	56,0
0,80	19,1	23,8	27,7	31,3	34,5	37,4	40,0	42,7	45,2	47,7	50,0	52,2	54,2	56,3	58,3
1,00	19,2	24,0	28,0	31,6	35,0	38,0	40,7	43,5	46,3	48,6	51,2	53,4	55,4	57,7	59,8
Модель КФБО															
0,02	12,7	14,3	15,7	16,8	17,6	18,7	19,4	20,1	20,6	21,2	21,8	22,3	22,9	23,5	23,9
0,03	12,9	14,7	16,2	17,4	18,5	19,4	20,2	20,9	21,6	22,3	23,0	23,6	24,2	24,8	25,3
0,04	13,1	15,0	16,7	18,0	19,2	20,1	21,0	21,8	22,6	23,4	24,2	24,9	25,5	26,1	26,2
0,05	13,3	15,4	17,2	18,6	19,8	20,8	21,8	22,7	23,6	24,5	25,3	26,1	26,8	27,4	28,1
0,06	13,6	15,7	17,6	19,2	20,4	21,5	22,6	23,6	24,6	25,5	26,4	27,2	28,0	28,6	29,0
0,07	13,8	16,2	18,1	19,7	21,0	22,2	23,4	24,5	25,5	26,5	27,5	28,3	29,2	29,8	30,6
0,08	14,1	16,6	18,6	20,2	21,6	22,9	24,2	25,4	26,4	27,4	28,5	29,4	30,1	31,0	31,8
0,09	14,4	17,0	19,1	20,7	22,2	23,6	25,0	26,2	27,3	28,3	29,4	30,4	31,3	32,1	32,9
0,10	14,7	17,3	19,5	21,2	22,8	24,3	25,7	27,0	28,2	29,2	30,3	31,3	32,3	33,1	34,0
0,12	15,1	17,9	20,1	21,9	23,7	25,3	26,7	28,0	29,3	30,5	31,6	32,7	33,8	34,6	35,6
0,14	15,5	18,4	20,7	22,6	24,6	26,2	27,6	29,1	30,4	31,7	32,9	34,1	35,2	36,0	37,1
0,16	15,8	18,9	21,2	23,3	25,3	27,0	28,5	29,9	31,4	32,8	34,0	35,2	36,4	37,3	38,4
0,18	16,0	19,2	21,6	23,9	25,9	27,7	29,3	30,8	32,3	33,8	35,0	36,3	37,5	38,5	39,7
0,20	16,2	19,5	22,0	24,4	26,4	28,3	30,0	31,6	33,3	34,8	36,1	37,4	38,6	39,6	40,8
0,25	16,5	19,9	22,6	25,2	27,4	29,5	31,4	33,2	34,8	36,3	38,0	39,5	40,8	42,1	43,3
0,30	16,7	20,2	23,3	25,9	28,3	30,5	32,6	34,7	36,5	38,1	39,8	41,5	42,9	44,3	45,7
0,35	16,9	20,5	23,7	26,5	29,0	31,4	33,5	35,5	37,6	39,3	41,1	42,8	44,4	46,0	47,7
0,40	17,0	20,8	24,1	27,0	29,6	32,1	34,3	36,3	38,4	40,4	42,0	44,0	45,7	47,4	48,3
0,50	17,1	21,1	24,6	27,6	30,4	33,0	35,3	37,6	39,7	41,8	43,7	45,9	47,3	49,3	50,5
0,60	17,2	21,3	25,0	28,1	31,0	33,6	36,1	38,5	40,8	42,9	44,9	47,2	48,6	50,8	52,3
0,80	17,3	21,5	25,4	28,6	31,7	34,5	37,2	39,6	42,0	44,1	46,6	48,9	50,4	52,7	54,4
1,00	17,4	21,8	25,7	29,1	32,3	35,1	37,9	40,3	42,9	45,1	47,7	50,0	51,7	54,0	55,9
Теплоносій пара Модель КФСО															
—	21,6	25,8	29,3	32,4	35,0	37,5	39,7	41,8	43,8	45,7	47,5	49,2	50,9	52,5	54,0
Модель КФБО															
—	19,5	23,4	26,7	29,6	32,1	34,5	38,7	39,6	40,6	42,4	44,1	45,7	47,3	48,9	50,4

* Згідно з матеріалами МИСИ, ВНИИГС та Сантехпроекту.

Таблиця 2.16

Коефіцієнт теплопередачі* та опір калориферів типу СТД моделі Б

Швидкість руху теплоносія, *м/с*	Вагова швидкість повітря $v_ρ$, *кг/м² с*														
	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Теплоносій пара Модель СТД 3009В															
—	18,8	21,4	23,5	25,2	26,8	28,2	29,5	30,6	31,7	32,5	33,4	34,3	35,2	35,9	36,7
Теплоносій вода Модель СТД 3010В															
0,02	11,9	13,2	14,2	14,9	15,5	16,3	16,8	17,4	17,7	18,1	18,6	18,9	19,3	19,6	20,0
0,03	12,1	13,4	14,5	15,3	16,1	16,8	17,4	17,9	18,4	18,8	19,3	19,7	20,0	20,4	20,8
0,04	12,3	13,7	14,8	15,7	16,5	17,3	17,9	18,4	19,0	19,4	20,0	20,4	20,7	21,2	21,5
0,05	12,5	14,0	15,2	16,1	17,0	17,7	18,4	19,0	19,6	20,0	20,6	21,0	21,5	21,9	22,3
0,06	12,8	14,4	15,6	16,6	17,5	18,3	19,0	19,7	20,2	20,8	21,4	21,8	22,4	22,8	23,1
0,07	13,0	14,7	16,0	17,0	18,0	18,9	19,6	20,3	20,9	21,4	22,0	22,5	23,0	23,4	23,9
0,08	13,2	14,9	16,4	17,6	18,5	19,4	20,2	20,9	21,6	22,1	22,7	23,3	23,7	24,2	24,7
0,09	13,4	15,2	16,7	17,7	18,9	19,9	20,7	21,4	22,1	22,7	23,4	23,9	24,4	24,9	25,4
0,10	13,6	15,5	17,0	18,1	19,3	20,3	21,0	21,9	22,6	23,2	24,0	24,6	25,0	25,6	26,1
0,12	14,0	15,9	17,6	18,8	20,0	21,1	22,0	22,8	23,7	24,4	25,0	25,7	26,3	26,9	27,4
0,14	14,3	16,3	18,0	19,4	20,6	21,8	22,8	23,6	24,4	25,1	26,0	26,6	27,3	27,9	28,5
0,16	14,6	16,7	18,5	19,9	21,3	22,4	23,4	24,3	25,1	26,0	26,7	27,4	28,1	28,8	29,5
0,18	14,8	17,0	18,9	20,4	21,7	22,9	23,9	24,9	26,0	26,6	27,4	28,2	29,0	29,6	30,3
0,20	15,0	17,3	19,2	20,7	22,0	23,3	24,4	25,4	26,3	27,2	28,1	28,9	29,6	30,3	30,9
0,25	15,4	17,8	19,7	21,3	22,7	24,0	25,1	26,3	27,2	28,0	28,9	29,7	30,4	31,1	32,0
0,30	15,7	18,2	20,2	21,8	23,3	24,6	25,8	26,9	28,0	28,9	29,7	30,6	31,2	32,1	32,9
0,35	16,0	18,5	20,5	22,2	23,7	25,1	26,2	27,4	28,5	29,4	30,2	31,1	31,9	32,7	33,6
0,40	16,2	18,7	20,7	22,4	24,0	25,4	26,7	27,8	28,9	29,8	30,8	31,7	32,6	33,3	34,2
0,50	16,3	18,9	21,0	22,8	24,4	25,9	27,1	28,3	29,4	30,4	31,5	32,5	33,5	34,4	35,2
0,60	16,4	19,1	21,3	23,1	24,8	26,4	27,6	28,9	30,0	31,0	32,0	33,0	34,0	34,9	35,8
0,80	16,5	19,3	21,6	23,4	25,1	26,8	28,1	29,4	30,7	31,7	32,7	33,8	34,8	35,7	36,7
1,00	16,6	19,4	21,8	23,8	25,4	27,2	28,6	29,9	31,1	32,3	33,4	34,5	35,5	36,4	37,4
Опір калориферів СТД 3009 та СТД 3010В руху повітря, *кг/м²*															
	0,5	1,0	1,7	2,5	3,5	4,5	5,7	7,0	8,4	9,9	11,7	13,5	15,4	17,0	18,9

Таблиця 2.17

Коефіцієнти теплопередачі калориферів КМС при обігріві водою, *ккал/м² · год. · °С*

Швидкість руху теплоносія, *м/с*	Вагова швидкість повітря $v_ρ$ *кг/м² с*							
	2	4	6	8	10	12	14	16
0,25	16,7	20,8	23,5	25,8	27,8	29,4	30,8	32,1
0,30	17,2	21,3	24,4	26,7	28,8	30,4	32,0	33,5
0,40	17,5	22,1	25,4	28,1	30,3	32,4	34,2	35,7
0,50	17,8	22,8	26,3	29,2	31,6	33,8	35,7	37,1
0,60	18,2	23,4	27,0	29,9	32,5	34,8	36,6	38,2
0,80	18,5	23,9	27,7	30,8	33,5	35,8	37,9	39,4
1,00	18,9	24,4	28,3	31,5	34,3	36,6	38,8	40,3

Примітки: 1. Згідно з матеріалами МИСИ та ВНИИГС.
2. Опір калориферів КМС та КМБ руху повітря може бути прийнятий згідно табл. 2.18.

* Згідно з матеріалами МИСИ, ВНИИГС та Сантехпроекту.

Таблиця 2.18

Опір* калориферів КФС та КФБ руху повітря H, кг/м²

Вагова швидкість повітря v_p, кг/м²·с	Модель		Вагова швидкість повітря v_p, кг/м²·с	Модель		Вагова швидкість повітря v_p, кг/м²·с	Модель	
	КФС	КФБ		КФС	КФБ		КФС	КФБ
2	0,4	0,6	7	3,8	5,0	12	9,7	12,7
3	0,9	1,2	8	4,8	6,2	13	11,1	14,6
4	1,4	1,9	9	5,8	7,7	14	12,8	16,3
5	2,1	2,8	10	7,0	9,2	15	14,4	18,2
6	2,9	3,8	11	8,3	10,8			

Таблиця 2.19

Опір* калориферів КФС та КФБ руху води h, кг/м²

Модель	Швидкість води в трубах W, м/с						
	0,05	0,10	0,15	0,20	0,25	0,30	0,35
КФС	6,5	29,0	61,0	104,5	156,0	218,0	288,0
КФБ	4,3	17,0	37,0	66,0	106,0	146,6	198,0

Таблиця 2.20

Опір* калориферів КФБО та КФСО руху повітря H, кг/м²

Вагова швидкість повітря v_p, кг/м²·с	Модель		Вагова швидкість повітря v_p, кг/м²·с	Модель		Вагова швидкість повітря v_p, кг/м²·с	Модель	
	КФБО	КФСО		КФБО	КФСО		КФБО	КФСО
2	1,7	1,4	7	19,4	16,8	12	55,2	49,5
3	3,7	3,1	8	24,9	21,9	13	64,0	58,2
4	6,6	5,4	9	31,4	27,5	14	73,5	66,8
5	10,1	8,5	10	38,8	34,2	15	84,5	77,5
6	14,3	11,6	11	46,1	41,2	16	96,0	88,2

Таблиця 2.21

Опір калориферів руху води h, кг/м²

Модель	Швидкість води в трубах W, м/с						
	0,05	0,10	0,15	0,20	0,25	0,30	0,35
КФБО	4,3	17,0	37,0	66,0	106,0	146,0	198,0
КФСО	2,5	29,0	61,0	104,5	156,0	218,0	288,0

* Згідно з матеріалами МИСИ, ВНИИГС та Сантехпроекту.

Таблиця 2.22

Опір калориферів КМБ та КМС за водою h, кг/м²

Номер калорифера	Середній живий переріз труб для теплоносія, м²		Середня швидкість води $W_{ср}$, м/с							
	КМС	КМБ	0,01	0,035	0,05	0,10	0,20	0,50	0,80	1,0
2	0,0023	0,0030	0,144	1,10	2,45	9,45	37,2	233	595	930
3	0,0015	0,0020	0,144	1,16	2,67	10,38	40,4	252	645	1010
4	0,0015	0,0020	0,160	1,23	2,87	11,10	42,8	267	682	1070
5	0,0019	0,0025	0,168	1,49	3,10	12,00	46,1	288	737	1155
			(0,173)	(1,56)	(3,25)	(12,60)	(48,5)	(304)	(775)	(1215)
6	0,0019	0,0025	0,184	1,59	3,33	12,85	49,2	307	786	1230
			(0,189)	(1,66)	(3,48)	(13,40)	(51,2)	(231)	(820)	(1285)
7	0,0023	0,0030	0,172	1,24	2,96	14,40	43,4	271	682	1085
			(0,176)	(1,28)	(3,03)	(11,70)	(44,8)	(280)	(715)	(1120)
8	0,0023	0,0030	0,190	1,30	3,18	18,10	46,1	283	737	1155
			(0,193)	(1,33)	(3,25)	(12,40)	(47,3)	(296)	(756)	(1185)
9	0,0018	0,0024	0,305	2,59	5,32	20,00	78,0	487	1285	1950
10	0,0018	0,0024	0,334	2,70	5,62	21,10	82,4	515	1317	2060
11	0,0020	0,0027	0,328	2,50	5,45	20,60	79,2	495	1267	1980

Примітки: 1. Значення опору калориферів КМБ, які відрізняються від значень для калориферів КМС, подані в дужках.

2. Згідно з матеріалами НИИСТ та Сантехпроекту.

Тепловіддачу калорифера перевіряємо за формулою:

$$Q_K = F_K \cdot K\left(T_{CP} - t_{CP}\right) \ (ккал/год.), \tag{2.22}$$

де F_K — поверхня нагріву калорифера, м² (приймаємо в залежності від типу вибраного калорифера);

K — коефіцієнт теплопередачі, ккал/м²°С (табл. 2.14—2.17);

T_{CP} — середня температура теплоносія, °С;

t_{CP} — середня температура повітря, яке проходить через калорифер, °С;

$$t_{CP} = \frac{t_{ПОВ} + t_K}{2} \ (^0C), \tag{2.23}$$

де $t_{ПОВ}$ і t_K — температура повітря до та після калорифера, °С.

Для води

$$T_{CP} = \frac{t_Г + t_{ЗВ}}{2} \ (^0C). \tag{2.24}$$

При насиченій парі тиском до 0,3 атм. T_{CP} = 100 °С, а при тиску більше 0,3 атм. згідно табл. 2.23 приймаємо температуру пари за значеннями його тиску ($T_{CP} = t_{ПАРИ}$).

Визначаємо загальне число калориферів, які необхідно встановити:

$$n = \frac{F_y}{F_K}, \tag{2.25}$$

де F_K — площа поверхні нагріву одного калорифера вибраної моделі, $м^2$;
F_y — площа поверхні нагріву калориферів установки, $м^2$.

Таблиця 2.23

Параметри насиченої пари
(за М. П. Вукаловичем)

Тиск абсолютний $\rho_{АБС}$, $кг/см^2$	Температура насичення $t_{НАС.}$, °С	Питомий об`єм пари $V``_{ПАРИ}$, $м^3/кг$	Питома вага пари $\gamma``_{ПАРИ}$, $кг/м^3$	Тепловміст $c``$, $ккал/кг$	Теплота випаровування r, $ккал/кг$
1	2	3	4	5	6
0,10	45,45	14,950	0,06689	617,0	571,6
0,20	59,67	7,789	0,1284	623,1	563,4
0,30	68,68	5,324	0,1878	626,8	558,1
0,40	75,42	4,066	0,2459	629,5	554,1
0,50	80,86	3,299	0,3031	631,6	550,7
0,60	85,45	2,782	0,3595	633,5	548,0
0,70	89,45	2,408	0,4153	635,1	545,6
0,80	92,99	2,125	0,4706	636,4	543,3
0,90	96,18	1,903	0,5255	637,6	541,3
1,0	99,09	1,725	0,5797	638,8	539,6
1,1	101,76	1,578	0,6337	639,8	537,9
1,2	104,25	1,455	0,6873	640,7	536,3
1,3	106,56	1,350	0,7407	641,6	534,9
1,4	108,74	1,259	0,7943	642,3	533,4
1,5	110,79	1,1810	0,8467	643,1	532,1
1,6	112,73	1,1110	0,9001	643,8	530,8
1,7	114,57	1,0500	0,9524	644,5	529,7
2,0	119,62	0,9018	1,109	643,3	526,4
2,5	126,79	0,7318	1,367	648,7	521,5
3,0	132,88	0,6169	1,621	650,7	517,3
3,5	138,19	0,5338	1,873	652,4	513,5
4,0	142,92	0,4709	2,124	653,9	510,2
4,5	147,20	0,4215	2,373	655,2	507,1
5,0	151,11	0,3817	2,620	656,3	504,2
6,0	158,06	0,3214	3,111	658,3	498,9
7,0	164,17	0,2778	3,600	659,9	494,2
8,0	169,61	0,2448	4,085	661,2	489,8
9,0	174,53	0,2189	4,568	662,3	485,8
10,0	179,04	0,1980	5,051	663,3	482,1

Продовження табл. 2.23

1	2	3	4	5	6
11,0	183,20	0,1808	5,531	664,1	478,4
12,0	187,08	0,1663	6,013	664,9	475,1
13,0	190,71	0,1540	6,494	665,6	472,0
14,0	194,13	0,1434	6,974	666,2	468,9
15,0	167,36	0,1342	7,452	666,7	465,9

Розрахунок калориферних установок.

Приклад 2.3. Підібрати калориферну установку для підігріву припливного повітря, що складається із калориферів типу КФБ: кількість повітря, яке підігрівається $G = 15\,640$ *кг/год.*; початкова температура повітря $t_{ПОЧ} = -14\ ^0C$, кінцева температура повітря $t_{КІН} = 20\ ^0C$, теплоносій — вода з параметрами $t_Г = 130\ ^0C$, $t_{ЗВ.} = 60\ ^0C$.

Розрахунок.

Визначаємо витрати тепла на нагрів повітря за формулою:

$$Q = G \cdot 0,24 \cdot (t_{КІН} - t_{ПОЧ}) = 15640 \cdot 0,24 \cdot (20 + 14) = 127623 \ ккал/год.$$

Приймаємо, що вагова швидкість повітря $\upsilon_\gamma = 8$ *кг/м²·с* для пластинчатих калориферів, живий переріз калориферної установки за повітрям визначаємо за формулою:

$$f_{ПОВ} = \frac{G}{3600 \cdot \upsilon_\gamma} = \frac{15640}{3600 \cdot 8} = 0,55 \ \ м^2.$$

Згідно табл. 2.10 вибираємо калорифер КФБ-10 з живим перерізом за повітрям $f_{ПОВ} = 0,558\ м^2$.

Паралельна установка за повітрям двох калориферів утворює переріз:

$f_{ПОВ} = n \cdot 0,558 = 2 \cdot 0,558 = 1,116\ м^2$.

Визначаємо вагову швидкість повітря для прийнятої установки калориферів за формулою:

$$\upsilon_\gamma = \frac{G}{3600 \cdot 2 f_{ПОВ}} = \frac{15640}{3600 \cdot 2 \cdot 0,558} = 3,9 \ кг/м^2 \cdot с.$$

Визначаємо швидкість руху води в трубах калориферів, пропускаючи воду послідовно через кожен з них:

$$W = \frac{Q}{3600 \cdot 1000 \cdot f_{ТР} (t_Г - t_{ЗВ})} = \frac{127623}{3600 \cdot 1000 \cdot 0,0143 \cdot (130 - 60)} = 0,035 \ м/с,$$

де $f_{ТР} = 0,0143\ м^2$ — живий переріз проходу води для калорифера КФБ-10 (табл. 2.10).

Визначаємо коефіцієнт теплопередачі калориферів — інтерполяцією значень (табл. 2.14).

$K = 14{,}7$ *ккал / год·м²·⁰С.*

Визначаємо необхідну поверхню нагріву калориферів установки:

$$F_y = \frac{Q}{K\left[\left(\frac{t_Г - t_{зв}}{2}\right) - \left(\frac{t_{поч} - t_{кін}}{2}\right)\right]} = \frac{127623}{14{,}7\left[\left(\frac{130-60}{2}\right) - \left(\frac{-14-20}{2}\right)\right]} = 167 \ м^2.$$

Визначаємо загальну кількість калориферів КФБ-10:

$$n = \frac{F_y}{F_K} = \frac{167}{61{,}2} = 2{,}7 \approx 3,$$

де F_K — поверхня нагріву одного калорифера КБФ-10 (табл. 2.10).

Необхідно встановити три калорифери КФБ-10.

Розрахунок повітроводів, вибір вентиляторів та електродвигунів. При проектуванні загальнообмінних вентиляційних систем необхідно знати об`єм повітря, що подається в приміщення та вилучається з нього.

Для зменшення концентрації шкідливих виділень необхідно знати: кількість шкідливих виділень G (газів, пилу, парів), що надходять у приміщення; допустиму концентрацію шкідливих речовин у виробничому приміщенні $q_{доп}$, відповідно з санітарними нормами (СН) та концентрацією шкідливих речовин у припливному (зовнішньому) повітрі $q_{пов}$.

Для асимілювання (розчинення) шкідливих виділень до гранично допустимих концентрацій визначають об`єм повітря $L_{пов}$ за формулою:

$$L_{пов} = \frac{G}{q_{доп} - q_{пов}} \quad (м^3/год.). \tag{2.26}$$

Необхідний об`єм повітря для поглинання надлишкового тепла визначають за формулою:

$$L_т = \frac{\sum Q_{надл}}{0{,}24\left(t_{вн} - t_{зовн}\right)} \cdot \gamma_{зовн} \quad (м^3/год.), \tag{2.27}$$

де $Q_{надл}$ — надлишкове тепло, *ккал / год.*;

$t_{вн}$, $t_{зовн}$ — відповідно температура внутрішнього та зовнішнього (припливного) повітря ^{0}С;

$\gamma_{зовн}$ — питома вага зовнішнього повітря, *кг / м³*.

В окремих випадках для розрахунку кількості повітря, яке необхідне для вентиляції, можна використовувати *кратність повітрообміну* (n), що показує скільки разів протягом години повинно повністю змінитися повітря в приміщенні (значення n для виробничих приміщень різних галузей промисловості наводяться в спеціальній літературі). За відомими значеннями n для будь-якого виробничого приміщення, визначають об`єм припливу або витяжки за формулою:

$$L_{пов} = n \cdot V_{пр} \ (м^3/год.), \tag{2.28}$$

де $V_{пр}$ — об`єм приміщення, $м^3$.

Розрахунок загальнообмінної вентиляційної системи проводиться у такому порядку.

Вибирають конфігурацію вентиляційної системи залежно від розташування приміщень, установок, обладнання.

За спеціальними номограмами (приведені в літературі) за об'ємами вентиляційного повітря та його швидкостями всередині повітроводів на окремих ділянках системи, які приймають $\upsilon = 6—12\ м/с$, визначають площу перерізу повітроводів.

Визначають опір тертя за формулою:

$$R = \lambda \cdot \frac{l}{d} \cdot \upsilon^2 \cdot \frac{\gamma_{зовн}}{2g} \quad (кг/м^2), \tag{2.29}$$

де λ — коефіцієнт опору тертя (для металевих повітроводів $\lambda = 0{,}02$);

l — довжина повітровода, $м$;

d — діаметр повітровода, $м$;

$\upsilon^2 \cdot \frac{\gamma_{зовн}}{2g}$ — швидкісний напір.

Місцеві опори Z виникають в трійниках, колінах, відводах, калориферах і т. п. і визначаються за формулою:

$$Z = \sum \xi \cdot \upsilon^2 \cdot \frac{\gamma_{зовн}}{2g} \quad (кг/м^2), \tag{2.30}$$

де $\sum \xi$ — сума коефіцієнтів місцевих опорів (береться згідно таблиць в літературі).

Знаючи, продуктивність (L) та повний тиск (H) за аеродинамічною характеристикою вибирають тип вентилятора та електродвигуна (табл. 2.25).

Приклад 2.4. Підібрати тип вентилятора та електродвигуна для таких даних: необхідна продуктивність вентилятора $L = 5400\ м^3/год.$, повний тиск $H = 18\ кг/м^2$.

Розрахунок (рис. 2.7).

За графіком вибираємо вентилятор типу Ц4-70 № 5, ККД вентилятора — $\eta_в = 0{,}6$.

Усталену потужність електродвигуна вентилятора визначаємо за формулою:

$$N_{уст} = \frac{L \cdot H \cdot K}{3600 \cdot 102 \cdot \eta_в \cdot \eta_{р.п.}} \quad (кВт), \tag{2.31}$$

де L — продуктивність вентилятора, $м^3/год.$;

H — повний тиск вентилятора, $кг/м^2$;

K — коефіцієнт запасу (табл. 2.24);

$\eta_в$ — ККД вентилятора (приймається за рис.);

$\eta_{р.п}$ — ККД ремінної передачі (для плоских пасів 0,85—0,90, а для клиновидних 0,90—0,95).

$$N_{уст} = \frac{5400 \cdot 18 \cdot 1{,}3}{3600 \cdot 102 \cdot 0{,}6 \cdot 0{,}9} = 0{,}64\ кВт$$

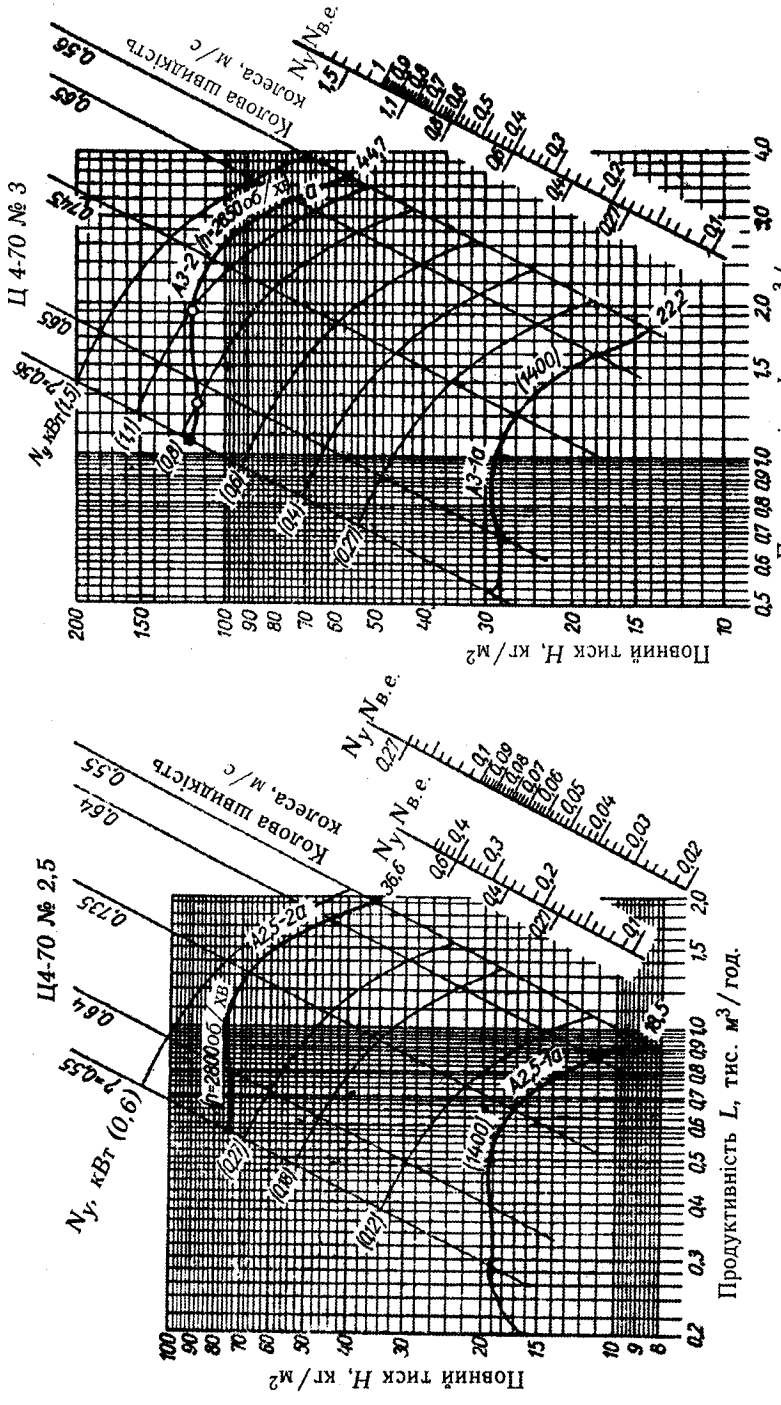


Рис. 2.6. Аеродинамічні характеристики відцентрових вентиляторів Ц 4-70 № 2,5 та 3, що комплектуються електродвигуном серії А2 та А02

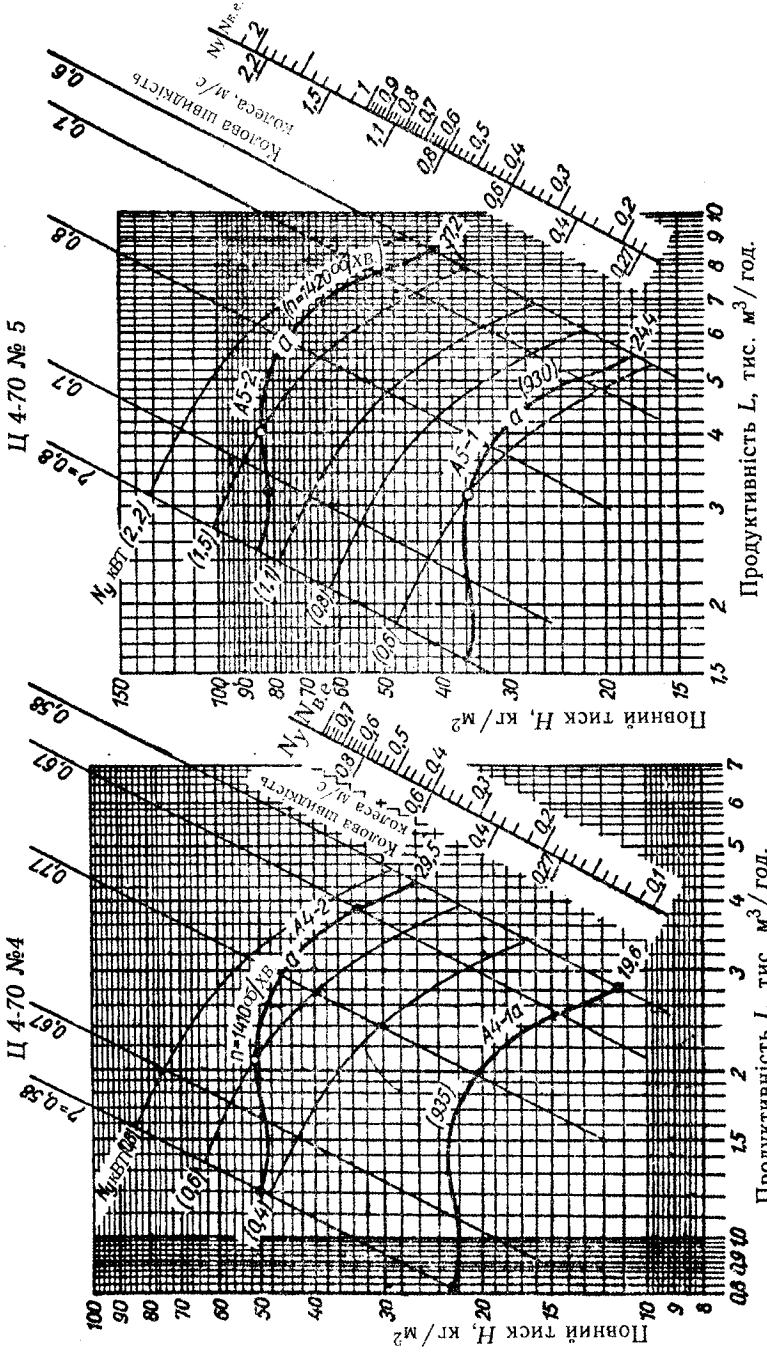


Рис. 2.7. Аеродинамічні характеристики відцентрових вентиляторів Ц 4-70 № 4 та 5, що комплектуються електродвигуном серії А2 та А02

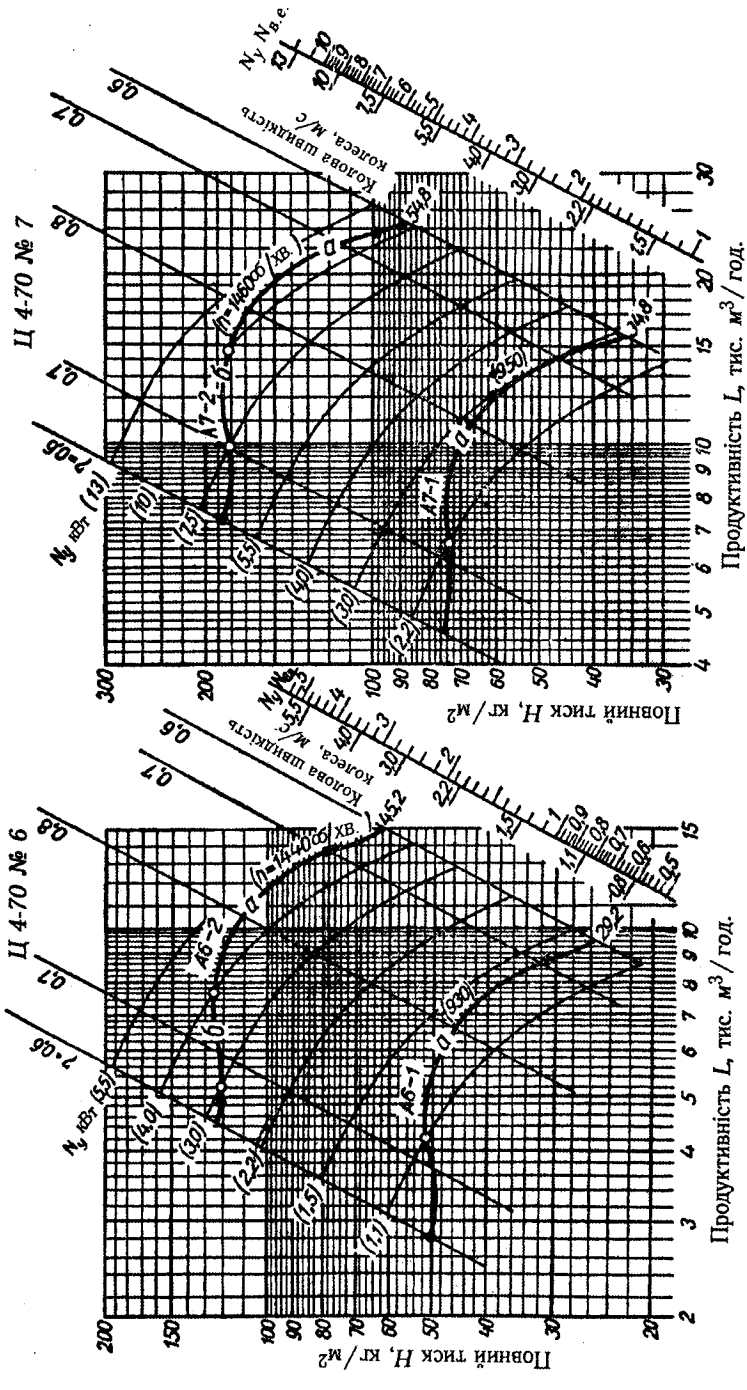


Рис. 2.8. Аеродинамічні характеристики відцентрових вентиляторів Ц 4-70 № 6 та 7, що комплектуються електродвигуном серії А2 та А02

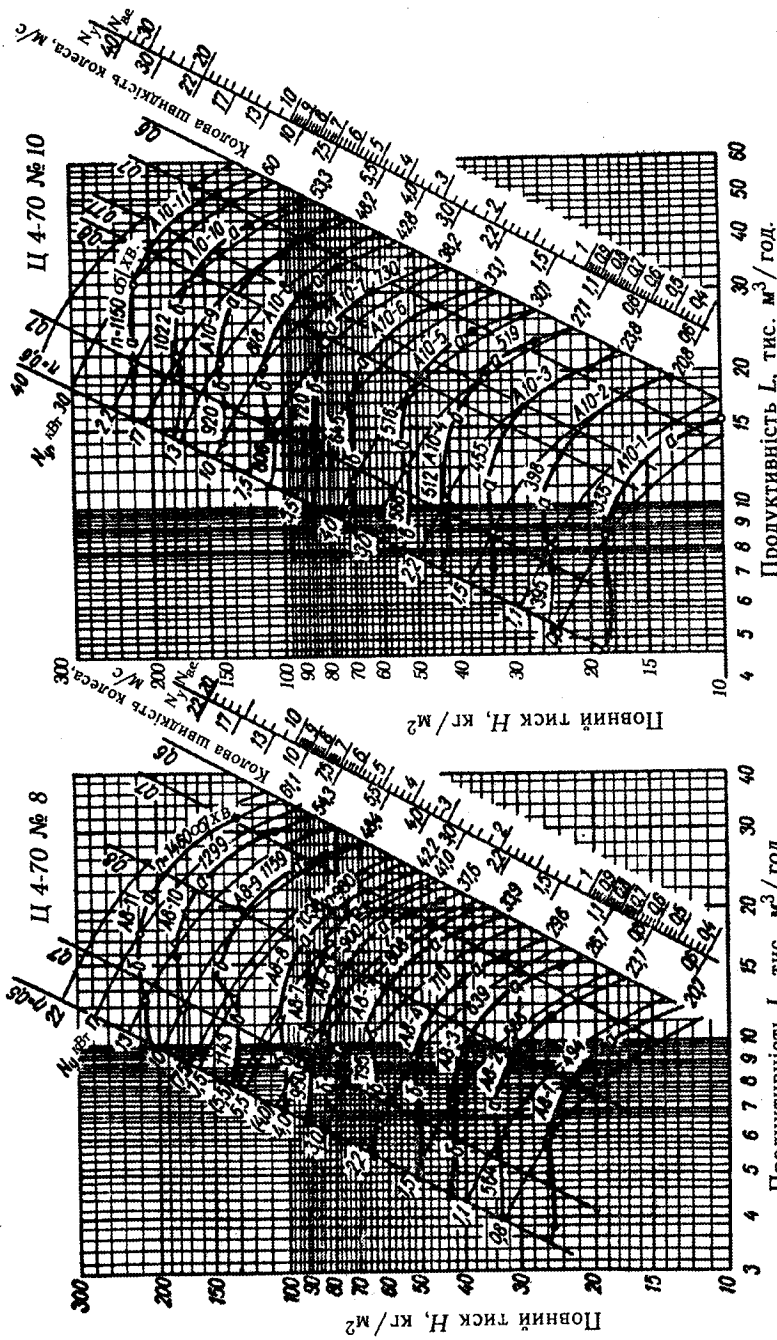


Рис. 2.9. Аеродинамічні характеристики відцентрових вентиляторів Ц 4-70 № 8 та 10, що комплектуються електродвигуном серії А2 та А02

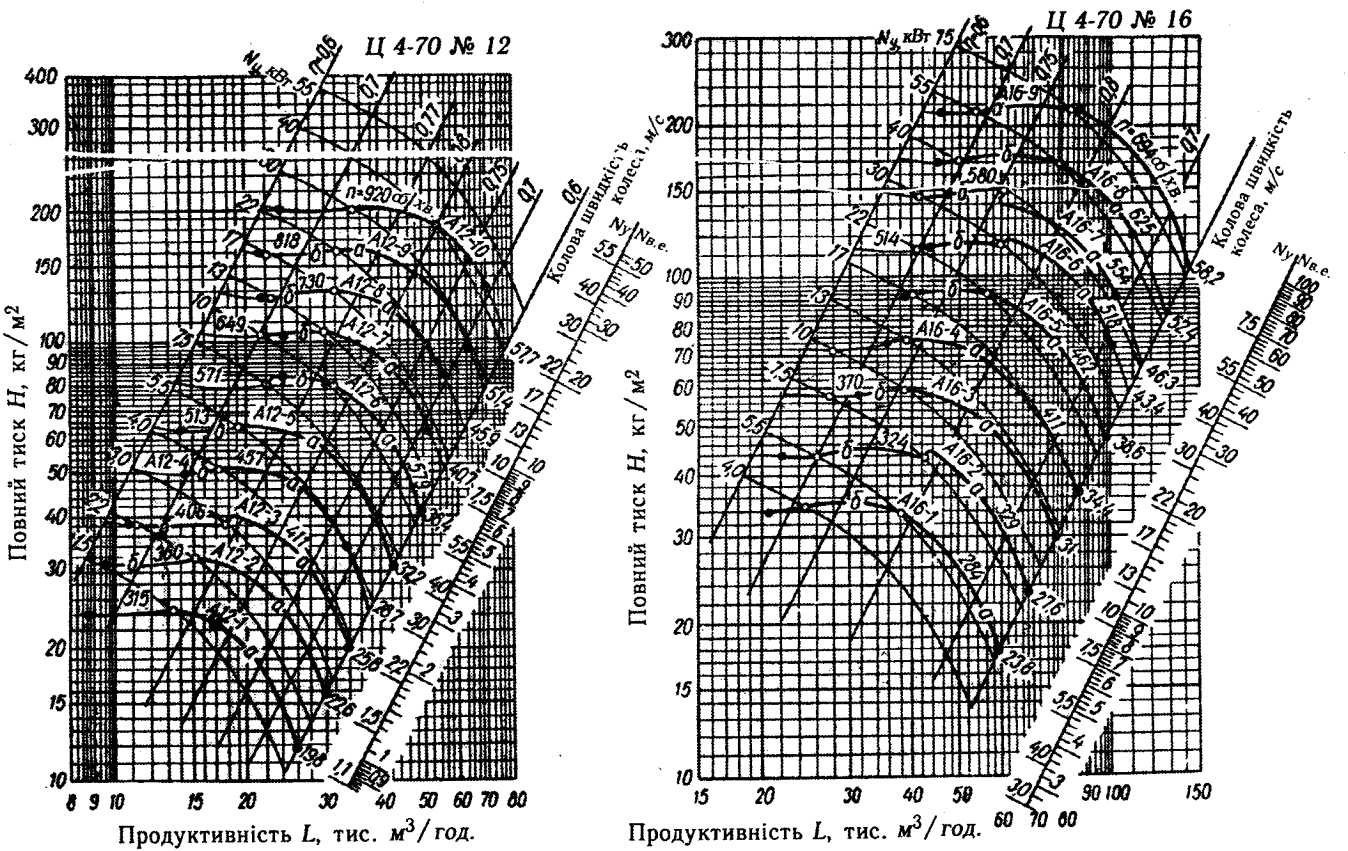


Рис. 2.10 Аеродинамічні характеристики відцентрових вентиляторів Ц 4-70 № 12 та 16, що комплектуються електродвигуном серії А2 та А02

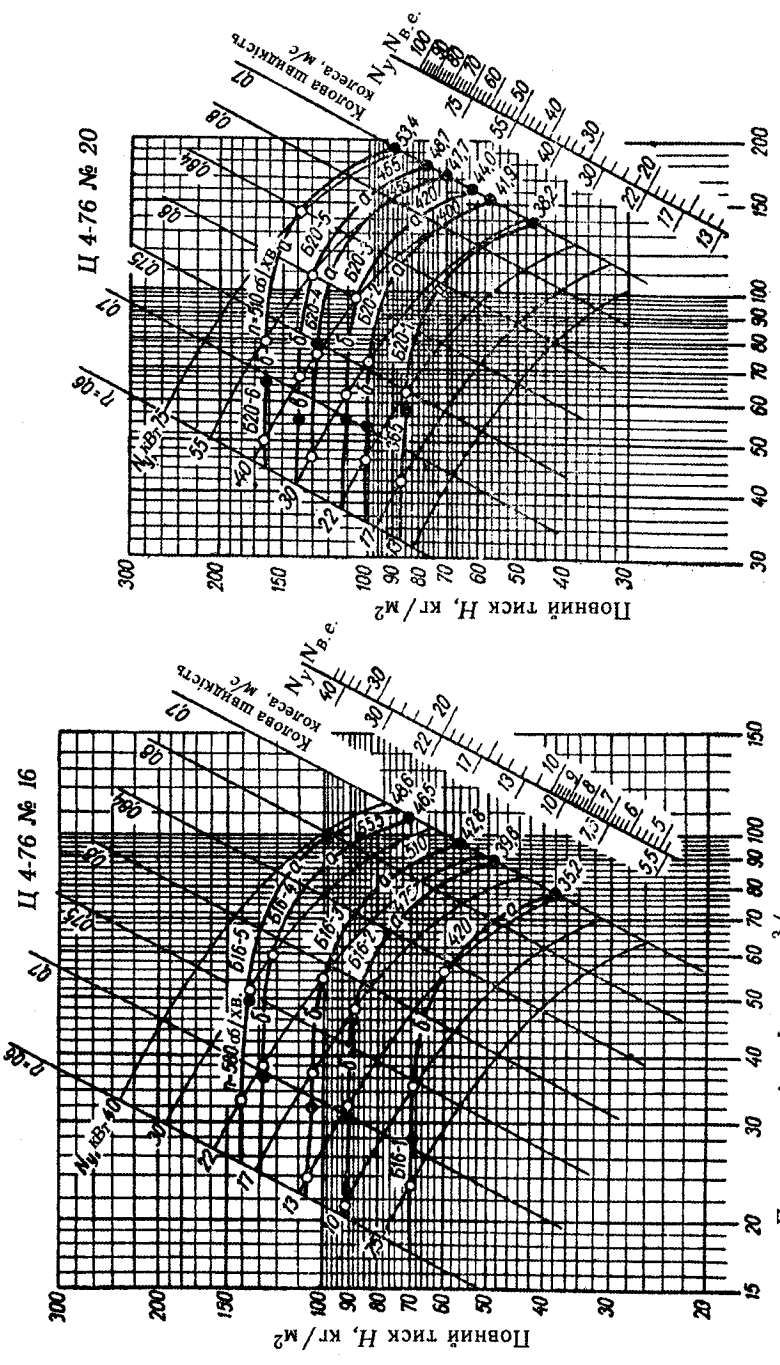


Рис. 2.11. Аеродинамічні характеристики відцентрових вентиляторів Ц 4-76 № 16 та 20, що комплектуються електродвигуном серії А2 та А02

Таблиця 2.24

Коефіцієнт запасу потужності К

Потужність електродвигуна, *кВт*	Тип вентилятора	
	відцентрові	осьові
До 0,5	1,5	1,2
0,51—1,0	1,3	1,15
1,01—2,0	1,2	1,10
2,01—5,0	1,15	1,05
Більше 5,0	1,10	1,05

Згідно табл. 2.25 для вентилятора Ц 4-70 № 5 підбираємо електродвигун типу А 02-21-6 (n = 930 об./хв., $N_{УСТ}$ = 0,8 *кВт*).

Таблиця 2.25

Специфікація вентиляторів для збору з приводами, що комплектуються електродвигуном серії А2 та А02

Позначення комплекту	Вентилятор			Електродвигун				
	номер	схема виконання	$n_в$, об./хв.	$N_у$, *кВт*	А02		А2	
					тип	$n_г$, об./хв.	тип	$n_г$, об./хв.
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Вентилятор Ц 4-70								
А2,5-1а А2,5-2а	2,5	1	1400 2800	0,18 0,6	АОЛ12-4 АОЛ22-2	1400 2800	—	—
А3-1а А3-2а	3	1	1400 2850	0,27 1,5	АОЛ21-4 А02-21-2	1400 2850	—	—
А4-1а А4-2а	4	1	935 1410	0,4 0,8	А02-11-6 А02-12-4	935 1410	—	—
А5-1а А5-2а	5	1	930 1420	0,8 2,2	А02-21-6 А02-31-4	930 1420	—	—
А6-1а А6-2а А6-2б	6	1	930 1440 1440	1,5 5,5 4	А02-31-6 А02-42-4 А02-41-4	930 1440 1440	—	—
А7-1а А7-2а А7-2б	7	1	950 1460 1460	3 13 10	А02-41-6 А02-61-4 А02-52-4	950 1460 1460	— А2-61-4 —	— 1450 —

Продовження табл. 2.25

1	2	3	4	5	6	7	8	9
А8-1а	8	6	494	1,1	А02-21-4	1410	—	—
А8-2а			568	1,5	А02-22-4	1420		
А8-3а			630	2,2	А02-31-4	1420		
А8-3б			639	1,5	А02-22-4	1420		
А8-4а			710	3	А02-32-4	1420		
А8-4б			710	2,2	А02-31-4	1420		
А8-5а			808	4	А02-41-4	1440		
А8-5б			795	3	А02-32-4	1420		
А8-6а			900	5,5	А02-42-4	1440		
А8-6б			900	4	А02-41-4	1440		
А8-7а		1	980	7,5	А02-52-6	980	—	—
А8-7б			950	5,5	А02-51-6	950		
А8-8а		6	1008	7,5	А02-51-4	1440	—	—
А8-8б			1008	5,5	А02-42-4			
А8-9а			1159	13	А02-61-4	1460	А2-61-4	1450
А8-9б			1159	10	А02-52-4	1460	—	—
А8-9в			1143	7,5	А02-51-4	1440	—	—
А8-10а			1299	17	А02-62-4	1460	А2-62-4	1450
А8-11а			1460	22	А02-71-4	1460	А2-71-4	1450
А8-11б			1460	17	А02-62-4	1460	А2-62-4	1450
А10-1а	10	6	335	1,1	А02-22-6	930	—	—
А10-2а			398	1,5	А02-22-4	1420		
А10-3а			455	2,2	А02-31-4	1420		
А10-4а			519	4	А02-41-4	1440		
А10-4б			512	3	А02-32-4	1420		
А10-5а			576	5,5	А02-42-4	1440		
А10-5б			576	4	А02-41-4	1440		
А10-5в			568	3	А02-32-4	1420		
А10-6а			645	7,5	А02-51-4	1440		
А10-6б			645	5,5	А02-42-4	1440		
А10-7а	10	6	730	10	А02-52-4	1460	—	—
А10-7б			720	7,5	А02-51-4	1440	—	—
А10-8а			818	13	А02-61-4	1460	А2-61-4	1450
А10-8б			818	10	А02-52-4	1460	—	—
А10-9а			920	17	А02-62-4	1460	А2-62-4	1450
А10-9б			920	13	А02-61-4	1460	А2-61-4	1450
А10-10а			1022	30	А02-72-4	1460	А2-72-4	1450
А10-10б			1022	22	А02-71-4		А2-71-4	
А10-11а			1150	30	А02-72-4		А2-72-4	

Продовження табл. 2.25

1	2	3	4	5	6	7	8	9
А12-1а	12	6	315	2,2	А02-31-4	1420	—	—
А12-2а			360	3	А02-32-4	1420		
А12-2б			360	2,2	А02-31-4	1420		
А12-3а			411	4	А02-41-4	1440		
А12-3б			406	3	А02-32-4	1420		
А12-4а			457	5,5	А02-42-4	1440		
А12-4б			457	4	А02-41-4	1440		
А12-5а	12	6	513	7,5	А02-51-4	1440	—	—
А12-5б			513	5,5	А02-42-4	1440	—	—
А12-6а			579	13	А02-61-4	1460	—	—
А12-6б			579	10	А02-52-4	1460	—	—
А12-7а			649	17	А02-62-4	1460	А2-62-4	1450
А12-7б			649	13	А02-61-4	1460	А2-61-4	1450
А12-8а			730	22	А02-71-4	1460	А2-71-4	1450
А12-8б			730	17	А02-62-4		А2-62-4	
А12-9а			818	30	А02-72-4		А-72-4	
А12-9б			818	22	А02-71-4		А2-71-4	
А16-1а	16	6	284	7,5	А02-51-4	1440	—	—
А16-1б			284	5,5	А02-42-4	1440	—	—
А16-2а			329	10	А02-52-4	1460	—	—
А16-2б			324	7,5	А02-51-4	1440	—	—
А16-3а			370	13	А02-61-4	1460	А2-61-4	1450
А16-3б			370	10	А02-52-4	1460	—	—
А16-4а			411	17	А02-62-4	1460	А2-62-4	1450
А16-5а			462	30	А02-72-4	1460	А2-72-4	1450
А16-5б			462	22	А02-71-4	1460	А2-71-4	1450
А16-6а	16	6	518	40	А02-81-4	1470	А2-81-4	1460
А16-6б			514	30	А02-72-4	1460	А2-72-4	1450
А16-7а			554	55	А02-91-6	985	А2-91-6	980
А16-7б			580	40	А02-81-4	1470	А2-81-4	1460
А16-8а			625	75	А02-92-6	985	А2-92-6	980
А16-8б				55	А02-91-6	985	А2-91-6	980
А16-9а			694	75	А02-92-6	985	А2-92-6	980

Продовження табл. 2.25

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Вентилятор Ц4-76								
Б16-1а Б16-1б	16	6	420	17 13	А02-71-6 А02-62-6	980	А2-71-6 А2-61-6	970
Б16-2а Б16-2б			475	22 17	А02-72-6 А02-71-6	980	А2-72-6 А2-71-6	970
Б16-3а Б16-3б			510	30 22	А02-81-6 А02-72-6	980	А2-81-6 А2-72-6	975 970
Б16-4а Б16-4б			555	40 30	А02-82-6 А02-81-6	980	А2-82-6 А2-81-6	975
Б16-5а			580	40	А02-82-6	980	А2-82-6	975
Б20-1а	20	6	365	30	А02-81-6	980	А2-81-6	975
Б20-2а Б20-2б			400	40 30	А02-82-6 А02-81-6		А2-82-6 А2-81-6	
Б20-3а Б20-3б			420	55 40	А02-91-6 А02-82-6	985 980	А2-91-6 А2-82-6	980 975
Б20-4а			455	55	А02-91-6	985	А2-91-6	980
Б20-5а Б20-5б Б20-5в			465	75 55 40	А02-92-6 А02-91-6 А02-82-6	985 985 980	А2-92-6 А2-91-6 А2-82-6	980 980 975

2.6. МІСЦЕВА ВЕНТИЛЯЦІЯ

Місцева вентиляція забезпечує вентиляцію безпосередньо на робочих місцях. Вона може бути припливною і витяжною.

Місцева припливна вентиляція, при якій здійснюється концентрована подача припливного повітря заданих параметрів (температури, вологості, швидкості руху), виконується у вигляді повітряних душів, повітряних та повітряно-теплових завіс.

Повітряні душі використовуються, в основному, для нормалізації умов праці на постійних робочих місцях при тепловому опромінюванні працівників інтенсивністю 350 $Дж/м^2.с$ і більше. Їх можна також використовувати і для видалення газоподібних шкідливих речовин з робочої зони.

Температури і швидкості руху повітря на постійних робочих місцях, які облаштовуються повітряними душами необхідно приймати згідно вимог СН 4086-86, а розрахункові параметри зовнішнього повітря — СНиП 2.04.05-91.

Повітряні та повітряно-теплові завіси призначені для запобігання надходження в приміщення значних мас холодного зовнішнього повітря при необхідності частого

відкривання дверей чи воріт. Повітряна завіса створюється струменем повітря, що подається з вузької довгої щілини, під деяким кутом назустріч потоку холодного повітря. Канал із щілиною розміщують збоку чи знизу воріт (дверей).

Повітряні завіси також використовують в отворах огорож технологічного устаткування, як перешкоду виходу гарячого загазованого повітря в приміщенні, а також у інших випадках, коли необхідно перекрити повітряний потік через отвори.

Місцева витяжна вентиляція застосовується для вловлювання шкідливих речовин безпосередньо у місцях їх виділення. Пристрої місцевої витяжної вентиляції (місцеві відсмоктувачі) умовно можна поділити на відсмоктувачі відкритого та закритого типів.

До місцевих відсмоктувачів відкритого типу належать витяжні зонти, всмоктувальні панелі, бортові відсмоктувачі.

Конструкція місцевих відсмоктувачів повинна забезпечити максимальне вловлювання шкідливих виділень при мінімальній кількості вилученого повітря. Крім того, вона не повинна бути громіздкою та заважати обслуговуючому персоналу працювати і наглядати за технологічним процесом.

Основними чинниками при виборі типу місцевого відсмоктувача є характеристики шкідливих виділень (температура, густина парів, токсичність), положення робітника при виконанні роботи, особливості технологічного процесу та устаткування.

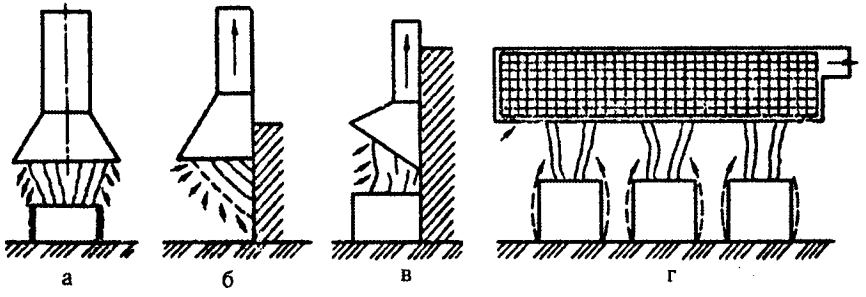


Рис. 2.12. Конструкція витяжних зонтів:
а, в — над тепловим джерелом; б — біля отвору печі; г — над декількома джерелами однакової полярності

Витяжні зонти передбачені для вловлювання потоків шкідливих речовин, які направлені вгору. Їх доцільно використовувати у випадку, коли джерело утворення пилу, парів та газів переміщується по площі робочого місця, як в горизонтальній, так і у вертикальній площинах.

Всмоктувальні панелі встановлюють для локалізації шкідливих виділень, які захоплюються конвективними струменями, коли більш повне укриття джерела шкідливих виділень неможливе згідно умов технологічного процесу. Панелі розташовують збоку від джерела шкідливих виділень вертикально або похило. Відстань від панелі до джерела повинна бути не більшою за ширину джерела. Довжину панелі приймають в 1,2 раза більшою, ніж довжина джерела.

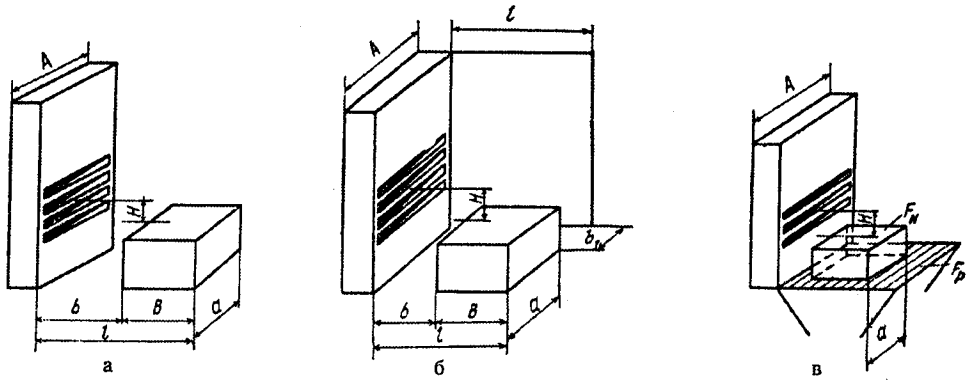


Рис. 2.13. Схеми всмоктувальних панелей:
а — односторонньої; б — з екраном; в — комбінованої з відсмоктувачем в сторону та вниз

Бортові відсмоктувачі застосовуються для вилучення шкідливих виділень з поверхні розчинів, коли за умов проходження технологічного процесу неможливе встановлення повного накриття. Особливо широке застосування бортові відсмоктувачі отримали для обладнання ванн (гальванічні, травильні) та інших ємкостей з токсичними рідинами. Бортові відсмоктувачі можуть проектуватись різних конструкцій: одно- та двобортові, бортові з передувом і перевернуті.

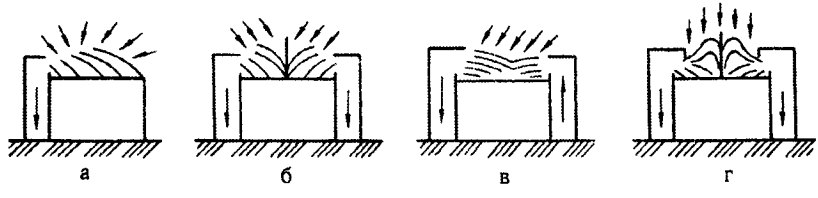


Рис. 2.14. Схеми бортових відсмоктувачів:
а — однобортові; б — двобортові; в — бортовий з передувом; г — перевернутий

Однобортові відсмоктувачі доцільно встановлювати на ваннах шириною до 0,7 *м*, на ваннах шириною 0,7—1 *м* — двобортові відсмоктувачі. При ширині ванни 1 *м* і більше необхідно встановлювати бортовий відсмоктувач з передувом.

Найбільш економічними є бортові відсмоктувачі з передувом та перевернуті бортові відсмоктувачі, а ефективними — двобортові відсмоктувачі.

До місцевих відсмоктувачів закритого типу належать витяжні шафи, кожухи, вітринні відсмоктувачі, кабіни.

Витяжні шафи — шафи, які представляють собою укриття з робочим отвором. Витяжні шафи бувають різної конструкції: з верхнім, нижнім та комбінованим вилученням повітря.

Кожухами-повітроприймачами або захисно-обезпилювальними кожухами обладнані верстати, на яких обробка матеріалів супроводжується інтенсивним пилевиділенням. Кожухи встановлюють на заточувальних та шліфувальних верстатах з абразивними кругами, на фрезерних та токарних верстатах при обробці крихких матеріалів, на деревообробних верстатах.

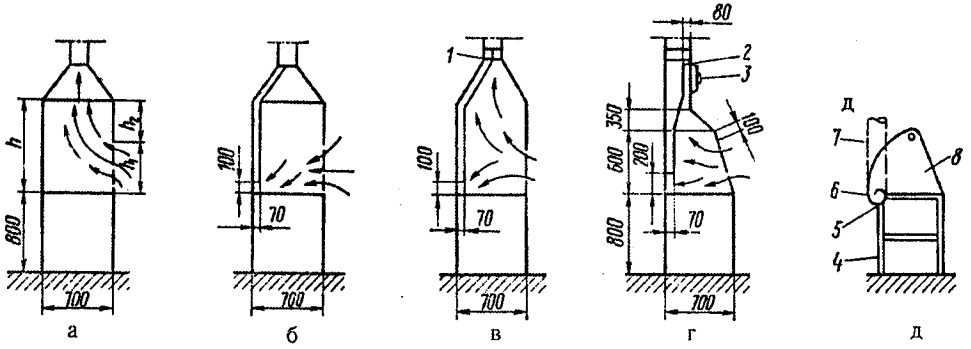


Рис. 2.15. Схеми витяжних шаф:

а — з верхнім відсмоктувачем; б — з нижнім відсмоктувачем; в — з комбінованим відсмоктувачем; г — з комбінованим відсмоктувачем і похилим робочим отвором; д — шафа відкритого типу над столом з відсмоктувачем "завиток": 1 — дросель—клапан; 2 — вільний кінець тонкого металевого листа для регулювання; 3 — люк; 4 — стіл; 5 — відсмоктувач "завиток"; 6 — щілина, через яку засмоктується повітря; 7 — витяжний повітровід (показано умовно, може бути направлений вниз); 8 — вітринне укриття

Захисний кожух виконується, як правило, з листової сталі товщиною 2—3 *мм*. Робочий отвір у кожусі повинен бути мінімальним відповідно до умов технологічного процесу і розташовуватись назустріч основному факелу відходів.

Кількість вилученого відсмоктувачем повітря від верстатів обладнаних кругами, в яких не використовується мастильно-охолоджуючі рідини можна визначити за формулою:

$$L_0 = 3600 \cdot F_K \cdot \upsilon_0, \ (м^3/год.), \qquad (2.32)$$

де F_K — площа перерізу отвора кожуха на виході, $м^2$;

υ_0 — швидкість у повітроприймачі отвору, $м/с$. Значення υ_0 приймається рівним $0{,}25 \cdot \upsilon_K$ при напрямленості пилевого факелу безпосередньо в приймальний отвір кожуха; $(0{,}3—0{,}4) \cdot \upsilon_K$ — при напрямленості пилевого факелу уздовж отвору кожуха (υ_K — максимальна колова швидкість обертання круга, $м/с$).

Для заточувальних та шліфувальних верстатів з абразивними кругами кількість повітря L ($м^3/год.$) можна наближено визначити за формулою: $L \approx 2d$, для полірувальних верстатів з повстяними кругами $L \approx 4d$, для полірувальних верстатів з тканинними кругами $L \approx 6d$, де d — діаметр круга ($мм$).

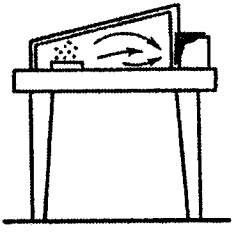


Рис. 2.16. Вітринний відсмоктувач

Вітринні відсмоктувачі є різновидністю витяжних шаф.

Укриття-козирок немає верхньої прозорої скляної кришки. Працівник дивиться всередину укриття через отвір по всьому фронту укриття. Висота робочого отвору приймається 400—600 *мм*.

Укриття-бокси, які немають відкритих отворів, як правило використовуються при роботах з особливо токсичними та радіоактивними речовинами. В бокси влаштовані гумові рукава з рукавицями або маніпуляторами, а також спеціальна фотокамера, яка служить для загрузки боксу і видалення з нього матеріалів та виробів після їх обробки.

Вентилюючі камери або кабіни — це відгороджені частини приміщення з посиленою вентиляцією, в яких проводяться операції, при яких інтенсивно виділяються шкідливі речовини. Робоче місце може бути поза або всередині камери.

Розрахунок механічної вентиляції. Порядок розрахунку: визначення найбільш раціонального способу вилучення або попередження утворення токсичних, пожежочи вибухонебезпечних концентрацій пароповітряних сумішей (загальнообмінні або місцеві вентиляційні установками і системами); визначення необхідної кількості повітря для обмінної вентиляції, виходячи із відомої кратності повітрообміну в приміщенні, кількості шкідливих речовин, які вилучаються з приміщення, або надлишкового тепла, яке необхідно асимілювати до санітарно-допустимих норм; визначення кількості повітря, яке вилучається місцевими відсмоктувачами; визначення об'єму припливного повітря і підбір (розрахунок) калориферів для його підігрівання; визначення місцевих опорів та опорів тертя, підбір за графіками (при відомій продуктивності вентилятора L в $м^3/год.$ і необхідному повному тиску H в $кг/м^2$) типу вентилятора; розрахунок та підбір електродвигуна вентилятора.

Приклад 2.5. У виробничому приміщенні для вилучення із робочої зони паперових обрізків встановлено вентилятор продуктивністю $L = 14\,200\ м^3/год.$ Площа перерізу трубопроводу $f_{тр} = 0{,}2\ м^2$. Встановити, чи достатня продуктивність вентилятора для створення в трубопроводах швидкості протікання повітря, яка забезпечить вилучення обрізків.

Розрахунок. Швидкість протікання повітря по трубопроводу визначається за формулою:

$$v = \frac{L}{3600 \cdot f_{тр}} = \frac{14200}{3600 \cdot 0{,}2} = 20\ м/с.$$

При проектуванні витяжної вентиляції для вилучення паперових обрізків швидкість руху повітря по трубопроводах приймають 14—25 $м/с$. Отже, встановлений вентилятор забезпечує виконання цієї умови.

Приклад 2.6. У виробничому приміщенні відбувається виділення парів бензину. Частина операцій виконується в середині спеціальних укрить, сумарна площа яких $F_y = 6\ м^2$. Швидкість всмоктування у відкритих отворах укрить $v_0 = 0{,}5\ м/с$. Крім того, в приміщенні поза укриттям щогодини витрачається 6 000 $г$ (G) бензину, який випаровується і надходить у повітря приміщення. Розрахувати повітрообмін, необхідний для створення нормальних умов у приміщенні.

Розрахунок. Визначаємо кількість повітря, що вилучається місцевою вентиляцією за формулою:

$$L = 3600 \cdot F_y \cdot \upsilon_0 \ (м^3/год.),$$

де F_y — площа робочого отвору укриття, $м^2$;

υ_0 — швидкість всмоктування у відкритих отворах укрить, $м/с$.

$$L = 3600 \cdot 6 \cdot 0{,}5 = 10800 \ м^3/год.$$

Кількість повітря, яка необхідна для асимілювання парів бензину, що виділяються поза укриттям, до допустимої за санітарними нормами концентрації $q_{доп} = 0,3 \ г/м^3$ складе:

$$L = \frac{G}{q_{доп}} = \frac{6000}{0{,}3} = 20000 \ м^3/год. \qquad (2.33)$$

Отже, для організації повітрообміну необхідно або збільшити кількість повітря, що вилучається з-під укрить до 20 000 $м^3/год.$, або організувати додаткову витяжку з приміщення об'ємом (20 000 — 10 800 = 9 200 $м^3/год.$) 9200 $м^3/год.$

Приклад 2.7. Визначити об'єм повітря, що вилучається від шафового укриття для печі потужністю $N = 75$ $кВт$, температура повітря в приміщенні $t_{ПР} = 25$ °С. Робочий отвір шафи має ширину $b = 0{,}45$ $м$, а висоту $H = 0{,}68$ $м$.

Розрахунок. Кількість тепла, яке йде на нагрівання повітря у шафі, приймаємо рівним 50% повній тепловій потужності печі:

$$Q = 860 \cdot N \cdot \eta \ (ккал/год.), \qquad (2.34)$$

де N — потужність печі, $кВт$;

η — розрахунковий коефіцієнт, що враховує втрати тепла.

$$Q = 860 \cdot 75 \cdot 0,5 = 32\,250 \ ккал/год.$$

Об'єм повітря, що вилучається при наявності джерела тепла визначаємо за формулою:

$$L_T = 120\sqrt[3]{H \cdot Q \cdot F_Ш^2} \ (м^3/год.), \qquad (2.35)$$

де H — висота робочого отвору, $м$;

Q — кількість тепла, яке потрапляє в шафу і йде на нагрів повітря в шафі, $ккал/год.$ (приблизно рівне 50—70% повній теплопродуктивності джерела);

$F_Ш$ — площа робочого отвору шафи, $м^2$.

$$L_T = 120\sqrt[3]{0{,}68 \cdot 32250 \cdot (0{,}45 \cdot 0{,}68)^2} = 1524 \ м^3/год.$$

Середня швидкість повітря в отворі шафи

$$\upsilon = \frac{L_T}{3600 \cdot F_Ш} = \frac{1524}{3600(0{,}45 \cdot 0{,}68)} = 1{,}4 \ м/с.$$

Отже, швидкість повітря в отворі шафи відповідає вимогам, які рекомендуються і задовільняє всі ступені шкідливостей.

Приклад 2.8. Визначити об'єм повітря, що вилучається одностороннім бортовим відсмоктувачем від ванни для хромування, яка стоїть біля стіни. Температура рідини у ванні $t_в$ = +45 °С, температура повітря в приміщенні $t_{пов}$ = +18 °С. Ширина і довжина ванни b = 0,9 *м*, l = 1,0 *м*.

Розрахунок. Кількість повітря $L_г$, що вилучається бортовим відсмоктувачем від гарячої ванни визначаємо за формулою:

$$L_г = K_з \cdot K_т \cdot \delta \left[\left(t_в - t_{пов} \right) \cdot n \cdot b^3 \right]^{1/2} \cdot l \cdot 3600 \ (м^3/год.), \qquad (2.36)$$

де $K_з$ — коефіцієнт запасу ($K_з$ = 1,5—1,75, а для ванн з особливо шкідливими речовинами, $K_з$ = 1,75—2,0);

$K_т$ — коефіцієнт запасу на відсмоктування торців ванни, що залежить від співвідношення ширини ванни до її довжини (для одностороннього бортового відсмоктувача $K_т = \left(1 + \frac{b}{4l}\right)^2$, а для двохстороннього $K_т = \left(1 + \frac{b}{8l}\right)^2$, при наявності здуву $K_т$ = 1);

δ — безрозмірна характеристика (для одностороннього відсмоктувача $\delta = {}^1/_{22}$, а для двохстороннього відсмоктувача $\delta = {}^1/_{15}$);

n — число прямих кутів між границями факелу (для ванн, які стоять біля стіни n = 1, а для ванн, що вільно стоять n = 3);

$t_в$ і $t_{пов}$ — температура рідини у ванні та повітря в приміщенні, °С;

b і l — ширина і довжина ванни, *м*.

У нашому випадку приймаємо

$K_з$ = 1,5; $K_т = (1 + 0{,}9/4 \cdot 1)^2 = 1{,}5$; $\delta = 1/22$; n = 1.

Тоді необхідна кількість повітря складе:

$L_г = 1{,}5 \cdot 1{,}5 \cdot 1/22 \ [1 \cdot (45—18) \cdot 0{,}9^3]^{1/2} \cdot 1 \cdot 3600 = 1595 \ м^3/год.$

Приклад 2.9. Визначити кількість повітря, що вилучається однобортовим відсмоктувачем. Розміри ванни b = 0,9 *м*, l = 1 *м*.

Розрахунок. Витрати повітря від холодних однобортових ванн можна визначити за формулою:

$$L_х = K_з \cdot K_т \cdot \varphi^{1/2} \cdot \upsilon_{шк.в} \cdot b \cdot l \cdot 3600 \ (м^3/год.), \qquad (2.37)$$

де φ — кут між границями всмоктуючого факелу, *рад.*;

$\upsilon_{шк.в}$ — швидкість поширення шкідливих виділень (газів або "порожнистих крапель") над поверхнею ванни у випадку виділення шкідливих газів $\upsilon_{шк.в}$ = = 0,2—0,3 *м/с*, а у випадку "порожнистої краплі" $\upsilon_{шк.в} = 5{,}8\sqrt{d_к}$, при цьому найбільший діаметр "порожнистої краплі" $d_к$ = 0,001 – 0,002 *м*;

$L_х = 1{,}5 \cdot 1{,}5 \cdot (3{,}14)^{1/2} \cdot 0{,}26 \cdot 0{,}9 \cdot 1 \cdot 3600 = 3355 \ м^3/год,$

де $\upsilon_{шк.в} = 5{,}8\sqrt{d_к} = 5{,}8\sqrt{0{,}002} = 0{,}26 \ м/с.$

Об'єм повітря, що необхідний для здуву при бортових відсмоктувачах з передувом, визначаємо за формулою:

$$L_{зд} = 300 \cdot k \cdot b \cdot l \ (м^3/год.), \tag{2.38}$$

де k — коефіцієнт, що залежить від температури рідини (при t = 95—60 °С, k = 1,0; при t = 40 °С, k = 0,75; при t = 60 °С, k = 0,85, при t = 20 °С, k = 0,50);

b, l — ширина та довжина дзеркала ванни, *м*.

Висота щілини здуву $h_{зд} = 0{,}013 \cdot b$, *м* (але не менше 5—7 *мм*).

Швидкість повітря в щілині здуву приймається v = 10—12 *м/с*.

Об'єм повітря, що вилучається бортовими відсмоктувачами від ванн складає:

$$L_{від} = 6 \cdot L_{зд} \ (м^3/год.), \tag{2.39}$$

Висота щілини відсмоктувача:

$$h_{від} = 16 \cdot h_{зд} \ (м). \tag{2.40}$$

Об'єм повітря, що вилучається, на 1 *м* довжини стола можна визначити за формулою:

$$L = 200 \cdot B^2 \ (м^3/год.), \tag{2.41}$$

де B — ширина стола, *м* (висота щілини бортового відсмоктувача має бути рівною $0{,}2B$, а висота щитка над щілиною не менше $0{,}5\ B$).

Приклад 2.10. Визначити кількість повітря, що вилучається бортовим відсмоктувачем з передувом. Розміри ванни b = 1,2 *м*, l = 1 *м*.

Розрахунок. Визначаємо об'єм повітря, що необхідний для здуву бортовим відсмоктувачем з передувом за формулою:

$L_{зд} = 300 \cdot K_т \cdot b \cdot l = 300 \cdot 1 \cdot 1{,}2 \cdot 1 = 360\ м^3/год.$

Висоту щілини здуву знаходимо за формулою:

$h_{зд} = 0{,}013 \cdot b = 0{,}013 \cdot 1{,}2 = 0{,}016\ м.$

Об'єм повітря, що вилучається бортовим відсмоктувачем з передувом від ванн складає:

$L_{від} = 6 \cdot L_{зд} = 6 \cdot 360 = 2160\ м^3/год.$

Висоту щілини відсмоктувача знаходимо за формулою:

$h_{від} = 16 \cdot h_{зд} = 16 \cdot 0{,}016 = 0{,}26\ м.$

Об'єм повітря, що вилучається на 1 *м* довжини стола визначаємо за формулою:

$L = 200 \cdot B^2 = 200 \cdot 6^2 = 7200\ м^3/год.,$

де $0{,}2\ B = b$; $B = \dfrac{b}{0{,}2} = \dfrac{1{,}2}{0{,}2} = 6\ м.$

Фасонні місцеві відсмоктувачі (кожухи), встановлюються на пристроях, робота на яких супроводжується виділенням пилу, дрібних стружок і т. п.

Кількість повітря L, що вилучається від шліфувальних, заточувальних, і т. п. верстатів визначається за формулами:

при виконанні відсмоктувача у вигляді кожуха і при діаметрі круга $d_K < 250$ *мм*, $L = 2d_K$ ($м^3/год.$);

при $d_K = 250$—600 *мм*, $L = 1{,}8d_K$ ($м^3/год.$);

при $d_K > 600$ *мм*, $L = 1{,}6d_K$ ($м^3/год.$).

Приклад 2.11. Визначити об'єм повітря, що вилучається від кожуха універсального заточувального верстата. Діаметр круга $d_K = 140$ *мм*, площа поперечного перерізу $F_K = 0{,}0095$ $м^2$, колова швидкість обертання $v_K = 30$ $м/с$.

Розрахунок. Кількість повітря, що вилучається від кожуха абразивного круга визначаємо за формулою:

$$L_1 = 3600 \cdot F_K \cdot v_0 \ (м^3/год.),$$

де F_K — площа поперечного перерізу отвору кожуха, $м^2$;

v_0 — швидкість у повітроприймачі отвору, $v_0 = 0{,}25 \cdot v_K$ при направленні пилевого факелу безпосередньо в отвір кожуха; $(0{,}3—0{,}4) \cdot v_K$ — при направленні пилевого факелу уздовж отвору.

$v_0 = 0{,}25 \cdot 30 = 7{,}5$ $м/с$, тоді $L_1 = 3600 \cdot 0{,}0095 \cdot 7{,}5 = 257$ $м^3/год.$

За формулою $L_2 \approx 2d_K$ визначаємо об'єм повітря для заточувального верстата з абразивним кругом: $L_2 = 2 \cdot 140 = 280$ $м^3/год.$

Отже, приймаємо для заточувального верстата з абразивним кругом $L_2 = 280$ $м^3/год.$ (більше значення), що відповідає швидкості руху повітря $v = 15$ $м/с$ у повітроводі з діаметром $d = 74$ *мм*.

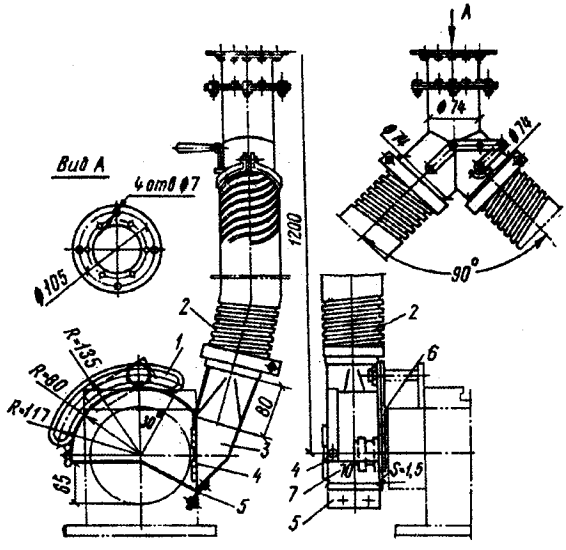


Рис. 2.17. Захисно-обезпилювальний кожух універсального заточувального верстата: 1 — дуговий виріз; 2 — гнучкий алюмінієвий шланг; 3 — відсмоктуючий патрубок; 4 — петлі; 5 — фартух; 6 — задня стінка кожуха; 7 — бокова кришка кожуха

Приклад 2.12. На робочій площадці d_P = 1 *м* необхідно підтримувати швидкість руху повітря $v_{P.M}$ = 3 *м/с* і температуру $t_{P.M}$ = 22 °С. Шляхом адіабатичного охолодження зовнішнього повітря можна отримати температуру $t_{охол}$ = 17,5 °С. Можлива мінімальна відстань від вихідного перерізу душуючого патрубка до робочого місця x = 3 *м*. Визначити кількість повітря, яке подається через душуючий патрубок.

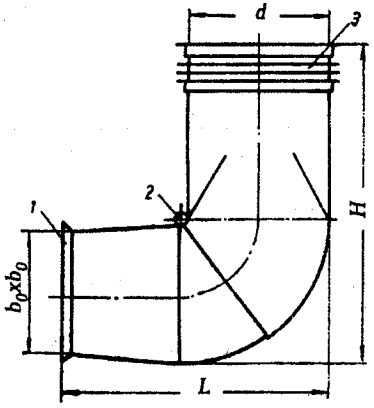


Рис. 2.18. Душуючий патрубок типу ППД:
1 — вихідна насадка; 2 — шарнірне з'єднання для зміни напрямку потоку у вертикальній площині; 3 — поворотний пристрій для зміни напрямку потоку в горизонтальній площині

Тип патрубка	Розміри, *мм*				F_0, $м^2$
	d	b_0	L	H	
ППД-5	500	320	1010	1260	0,1
ППД-6	630	400	1260	1540	0,16
ППД-8	800	510	1590	1900	0,26
ППД-10	1000	640	1980	2330	0,41

Розрахунок. Приймаючи нагрів повітря у вентиляторі та повітроводах $\Delta t_{пов}$ = = 1,5 °С, визначаємо відношення різниці температур за формулою:

$$P_T = \frac{t_{P.З} - t_{P.M}}{t_{P.З} - t_0}, \qquad (2.42)$$

де $t_{P.З}$ — температура в робочій зоні, °С;

$t_{P.M}$ — нормована температура повітря на робочих місцях, °С (табл. 2.26);

$t_0 = t_{охол} + \Delta t_{пов}$ — температура повітря на виході з душуючого патрубка, °С;

$t_{охол}$ — температура повітря на виході з форсункової камери після адіабатичного охолодження, °С;

$\Delta t_{пов}$ – нагрів повітря у вентиляторі та повітроводах між форсунковою камерою та душуючим патрубком (приймається не менше 1,5 °С), °С.

$$P_T = \frac{27 - 22}{27 - (17{,}5 + 1{,}5)} = 0{,}625.$$

Таблиця 2.26

Температура і швидкість руху повітря при повітряному душуванні

Період року	Категорія роботи	Інтенсивність теплового опромінення, *ккал/м²·год.*					
		від 300 до 600		від 600 до 1200		від 1200 до 1800	
		температура повітря, °С	швидкість руху повітря, *м/с*	температура повітря, °С	швидкість руху повітря, *м/с*	температура повітря, °С	швидкість руху повітря, *м/с*
Теплий (температура зовнішнього повітря 10 °С та вище)	Легка	22—24	0,5—1	21—23	1—2	19—20	2—3
	Середньої важкості	21—23	1—2	20—22	2—3	19—21	3
	Важка	20—22	2—3	19—21	3	18—20	3
Холодний (температура зовнішнього повітря нижче 10 °С)	Легка	19—21	0,5—1	18—20	1—2	17—18	2—2,5
	Середньої важкості	17—19	0,5—1	16—18	1—2	16—17	2—3
	Важка	16—18	1—2	16—17	2—3	16	3

Примітки: 1. Вказані швидкості руху повітря є середніми в робочій зоні або на робочих місцях. 2. Більша швидкість руху повітря відповідає максимальній температурі повітря, а менша — мінімальній.

Так як $P_T = 0{,}625$, то переріз душуючого патрубка визначаємо за формулою:

$$F_0 = \left(\frac{x + 5{,}3P_T - 3{,}2}{0{,}75n} \right)^2 (м^2), \qquad (2.43)$$

де x – відстань від душуючого патрубка до робочої поверхні, *м*;

n – дослідний коефіцієнт, що характеризує зміну температури або концентрації газів за віссю струменя (табл. 2.27).

Приймаємо для установки душуючого патрубка ППД згідно табл. 2.27: коефіцієнти n і m: $n = 4{,}5$; $m = 6{,}3$.

$$F_0 = \left(\frac{3 + 5{,}3 \cdot 0{,}625 - 3{,}2}{0{,}75 \cdot 4{,}5} \right)^2 = 0{,}85 \ м^2.$$

Таблиця 2.27

Значення коефіцієнтів n і m для душуючих патрубків

Тип душуючого патрубка	n	m
ППД (серія 4.904-22)	4,5	6,3
В. В. Батуріна (серія 4.904-36):		
$ПД_{вн}$:		
$\alpha^* = 30°$	4	5,5
$\alpha = 45°$	3,4	5,1
$\alpha = 60°$	3,1	4,5
$ПД_{зовн}$:		
$\alpha = 0—20°$	3,1	4,5
$\alpha = —20°$	2,8	4
Циліндрична труба	4,8	6,8
ВНИИГС (серія 4.904-21, вип. 1)	4,5	6,6

* Кут α відраховується від горизонтального спрямування.

Швидкість повітря на виході з патрубка визначаємо за формулою:

$$\upsilon_0 = \frac{\upsilon_{P.M}}{0,7 + 0,1 \cdot \left(0,8m\sqrt{F_0 - x}\right)} \ (м/с) \qquad (2.44)$$

Так як $F_0 = 0,85\ м^2$ і значення близьке до одиниці, то патрубки будуть великих розмірів, доцільно перерахувати душ встановлюючи штучне охолодження повітря за формулами:

$$F_0 = \left(\frac{x}{0,8m}\right)^2 (м^2); \qquad (2.45)$$

$$F_0 = \left(\frac{3}{0,8 \cdot 6,3}\right)^2 = 0,35\ м^2;$$

$$\upsilon_0 = \frac{\upsilon_{P.M}}{0,7} \ (м/с), \qquad (2.46)$$

де $\upsilon_{P.M}$ — нормована швидкість руху на робочих місцях, $м/с$ (табл. 2.26).

$$\upsilon_0 = \frac{3}{0,7} = 4,3 \ м/с.$$

Температура повітря, яке виходить з припливного патрубка визначається за формулою:

$$t_0 = t_{P.З} - \frac{\left(t_{P.З} - t_{P.M}\right) \cdot x}{0,6n\sqrt{F_0}} \ (^0C); \qquad (2.47)$$

$$t_0 = 27 - \frac{(27 - 22) \cdot 3}{0,6 \cdot 4,5\sqrt{0,35}} = 18\ ^0C.$$

Визначаємо кількість повітря, яке подається через душуючий патрубок за формулою:

$L = F_0 \cdot \upsilon_0 \cdot 3600 = 0,35 \cdot 4,3 \cdot 3600 = 5418\ м^3/год.$

При значеннях $P_T < 0,6$ розрахунки проводяться за такими формулами:

$$F_0 = \left(\frac{P_T \cdot x}{0,6n}\right)^2 (м^2); \qquad (2.48)$$

$$\upsilon_0 = \frac{\upsilon_{P.M} \cdot x}{0,7m\sqrt{F_0}} \ (м/с). \qquad (2.49)$$

При значеннях $P_T = 0,6—1$ розрахунки проводяться за формулами 2.43, 2.44.

Якщо величина $P_T \approx 1$, у цьому випадку розрахунки проводяться за формулами 2.45, 2.46.

Формули 2.43—2.49 використовуються для поглинання надлишкового тепла.

Для розбавлення газів визначаємо відношення різниці концентрацій газів за формулою:

$$P_K = \frac{q_{P.З} - q_{ДОП}}{q_{P.З} - q_0}, \tag{2.50}$$

де $q_{P.З}$ —концентрація газів в робочій зоні, $мг/м^3$;

$q_{ДОП}$ — гранично допустима концентрація газів на робочих місцях, $мг/м^3$;

q_0 — концентрація газів в повітрі, яке подається з душуючого патрубка, $мг/м^3$.

При значеннях $P_K < 0,4$

$$F_0 = \left(\frac{P_K \cdot x}{0,4n}\right)^2 \ (м^2); \tag{2.51}$$

$$\upsilon_0 = \frac{\upsilon_{P.M} \cdot x}{0,5m\sqrt{F_0}} \ (м/с); \tag{2.52}$$

$$t_0 = t_{P.З} - \frac{(t_{P.З} - t_{P.M}) \cdot x}{0,45n\sqrt{F_0}} \ (^0C). \tag{2.53}$$

При значеннях $P_K = 0,4—1$

$$F_0 = \left(\frac{x + 3,7 \cdot P_K - 1,5}{0,75n}\right)^2 \ (м^2); \tag{2.54}$$

$$\upsilon_0 = \frac{\upsilon_{P.M}}{0,55 + 0,14\left(0,8m\sqrt{F_0 - x}\right)} \ (м/с); \tag{2.55}$$

$$t_0 = t_{P.З} - \frac{t_{P.З} - t_{P.M}}{0,45 + 0,25\left(0,75n\sqrt{F_0 - x}\right)} \ (^0C). \tag{2.56}$$

Приклад 2.13. Розрахувати повітряну завісу для розсувних воріт розміром $F_B = 4 \cdot 3 = 12\ м^2$, які відкриваються на 1,5 *год.* в добу в деревообробному цеху. Розрахункова температура зовнішнього повітря в холодний період $t_{ЗОВН} = -25\ ^0C$, температура всередині приміщення (в робочій зоні) $t_{ВСЕР} = 17\ ^0C$, середня температура за висотою приміщення $t_{В.П} = 20\ ^0C$.

$\Delta t_{РОЗРАХ} = t_{В.П} — t_{ЗОВН}$; $\Delta t_{РОЗРАХ} = 20—(-25) = 45\ ^0C$.

Тривалість опалювального періоду $n = 200$ діб. Категорія роботи — легка, робочі місця розташовані поблизу воріт, що захищені ширмами.

Довжина пілки вікна з дерев'яними подвійними рамами $l_{ВІКНА} = 760\ м$, довжина пілки двох воріт $l_{ВОРІТ} = 48\ м$, довжина пілки ліхтаря з металевими рамами $l_{ЛІХТАРЯ} = 700\ м$.

Вертикальна відстань між центром отвору воріт і центром фрамуг ліхтаря $h = 5\ м$. Об'єм повітря, що подається в цех і вилучається з цеху механічним шляхом, збалансований.

Розрахунок. Приймаємо, що температура суміші повітря в робочій зоні поблизу воріт $t_{СУМ} = 15\ ^0C$.

В будівлі нема постійних надлишків тепла, тому оптимальну відносну ширину щілини повітряної завіси $\bar{F}_{щ.опт}$ визначаємо згідно таблиці 2.28, враховуючи величину

$n\tau = 200 \cdot 1{,}5 = 300.$

При цьому $\bar{F}_{щ.опт} = 1/30$ (табл. 2.28), звідки оптимальна ширина щілини

$$b = \frac{1}{30} \cdot \frac{B}{2} = \frac{4}{60} = 0{,}067 \text{ м}.$$

Таблиця 2.28

Оптимальні значення відносної ширини повітровипускної щілини завіси $\bar{F}_{щ.опт}$ для будівель, які не мають теплових надлишків

Величина $n\tau$	Розрахунковий перепад температур $\Delta t_{РОЗРАХ}$, °С		
	35	50	65
300	1/30	1/30	1/20
375	1/30	1/20	1/15
450	1/30	1/20	1/15
525	1/20	1/20	1/10
600	1/20	1/15	1/10
675	1/20	1/15	1/10
750	1/20	1/15	1/10
825	1/15	1/15	1/10
900	1/15	1/10	1/10
975	1/15	1/10	1/10
1050	1/10	1/10	1/10

Примітка. При визначенні $\bar{F}_{щ.опт}$ для завіс, які встановлюються в будівлях з нейтральної зони, що розміщена в межах воріт, замість величини $n\tau$ необхідно брати величину $1{,}25n\tau$.

Для будівель з тепловим надлишком для середніх експлуатаційних умов оптимальне значення $\bar{F}_{щ.опт}$ визначаємо в залежності від величини $Q = \frac{t_{сум} - t_{зовн}}{t_з - t_{зовн}}$ та добутку $h \cdot n \cdot \Delta t_{РОЗРАХ}$ при роботі завіси протягом $\tau = 3$ год. на добу і для цілодобової роботи завіси біля постійно відкритих воріт (табл. 2.29), де h — відстань від середини воріт до середини фрамуг у ліхтарі, *м*; n — тривалість опалювального періоду, діб; $\Delta t_{РОЗРАХ} = t_{ВСЕР} - t_{ЗОВН}$ — розрахункова різниця температур, °С.

Приймаємо найближчу ширину щілини, кратну 0,025 *м*, $b = 0{,}075$ *м*, при цьому фактична величина

$$\bar{F}_{щ} = \frac{F_{щ}}{F_b}, \qquad (2.57)$$

де $F_{щ}$ — сумарна площа випускних щілин повітряної завіси, $м^2$;

F_b — площа воріт, на яких встановлена повітряна завіса, $м^2$.

$$\bar{F}_{щ} = \frac{2 \cdot 0{,}075}{4} = \frac{1}{27}.$$

Таблиця 2.29

Оптимальні значення відносної ширини повітровипускної щілини завіси $\bar{F}_{щ.опт}$, яка встановлена в будівлі з тепловим надлишком

$h \cdot n \cdot \Delta t_{розрах} \cdot 10^{-3}$	Величина $Q = \frac{t_{сум} - t_{зовн}}{t_з - t_{зовн}}$							
	0,5	0,53	0,55	0,57	0,6	0,65	0,7	0,75
Ворота відкриті $\tau \leq 3$ год./доб.								
20	1/40	1/40	1/40	1/30	1/30	1/20	1/15	1/10
50	1/40	1/40	1/30	1/30	1/30	1/20	1/15	1/10
100	1/40	1/30	1/30	1/30	1/20	1/15	1/10	1/10
150	1/40	1/30	1/30	1/30	1/20	1/15	1/10	1/10
200	1/40	1/30	1/30	1/20	1/20	1/15	1/10	1/10
300	1/40	1/30	1/20	1/20	1/15	1/15	1/10	1/10
400	1/30	1/30	1/20	1/20	1/15	1/15	1/10	1/10
500	1/30	1/20	1/20	1/15	1/10	1/10	1/10	1/10
600	1/20	1/20	1/15	1/15	1/10	1/10	1/10	1/10
700	1/20	1/20	1/15	1/15	1/10	1/10	1/10	1/10
Ворота відкриті цілодобово								
20	1/40	1/30	1/30	1/30	1/20	1/15	1/15	1/10
50	1/30	1/30	1/20	1/20	1/15	1/15	1/10	1/10
100	1/20	1/20	1/15	1/15	1/15	1/10	1/10	1/10
150	1/20	1/20	1/15	1/15	1/10	1/10	1/10	1/10
200	1/15	1/15	1/10	1/10	1/10	1/10	1/10	1/10
300	1/15	1/15	1/10	1/10	1/10	1/10	1/10	1/10
400	1/10	1/10	1/10	1/10	1/10	1/10	1/10	1/10
500	1/10	1/10	1/10	1/10	1/10	1/10	1/10	1/10

Згідно табл. 2.30 при $\Delta t_{розрах} = 50\ ^0C$ ($\Delta t_{розрах} = 45\ ^0C$) знаходимо оптимальне значення $q_{опт} = 0,62$.

Згідно табл. 2.31 для $q_{опт} = 0,62$ коефіцієнт втрат повітря для розсувних воріт $\mu = 0,29$.

Згідно табл. 2.32 і заданими довжинами пілок знаходимо добуток площі щілини на коефіцієнт втрат для припливних та витяжних щілин:

$(\mu F)_{прип} = 760 \cdot 0,002 + 48 \cdot 0,01 = 2,0\ м^2$;

$(\mu F)_{вит} = 700 \cdot 0,004 = 2,8\ м^2$.

Таблиця 2.30

Оптимальні значення $q_{опт}$

$\bar{F}_{щ.опт}$	Відстань між серединою воріт та фрамугами ліхтарів $h_м$, м					
	5	10	15	20	25	30
1	2	3	4	5	6	7
При $\Delta t_{розрах} = 35\ ^0C$						
1/10	0,8	0,72	0,65	0,6	0,55	0,5
1/15	0,72	0,65	0,59	0,55	0,52	0,5
1/20	0,63	0,58	0,55	0,52	0,5	0,48
1/30	0,6	0,54	0,5	0,48	0,46	0,45

Продовження табл. 2.30

1	2	3	4	5	6	7
При $\Delta t_{РОЗРАХ}$ = 50 °С						
1/10	0,9	0,8	0,75	0,7	0,65	0,6
1/15	0,8	0,7	0,63	0,58	0,54	0,52
1/20	0,7	0,63	0,57	0,54	0,5	0,5
1/30	0,62	0,56	0,52	0,49	0,47	0,46
При $\Delta t_{РОЗРАХ}$ = 65 °С						
1/10	1	0,9	0,82	0,75	0,7	0,65
1/15	0,87	0,8	0,75	0,7	0,65	0,6
1/20	0,72	0,67	0,63	0,59	0,56	0,54
1/30	0,65	0,6	0,57	0,54	0,52	0,5

Примітки: 1. Приведені значення $q_{ОПТ}$ відповідають випадку $f_{ПРИП} + f_{ВИТ} = 0,4 — 0,7$; при зниженні цієї суми до 0,3 вказані в даній таблиці значення необхідно зменшити на 20%, а при зниженні суми до 0,2 — зменшити на 30%.

2. При встановленні перед завісою відкритого тамбура ($l \geq B$) вказані значення необхідно збільшити на 10%.

3. В будівлях без ліхтаря або верхнього світла при визначенні $q_{ОПТ}$ за висотою h необхідно приймати висоту воріт $H_в$.

Таблиця 2.31

Коефіцієнт втрат повітря μ для відкритих отворів при дії двохсторонніх бокових повітряних завіс

$q_{ОПТ}$	α^0	Двостулкові ворота при відносній площі щілин завіси $\bar{F}_ш$					Розсувні ворота при відносній площі щілин завіси $\bar{F}_ш$				
		1/40	1/30	1/20	1/15	1/10	1/40	1/30	1/20	1/15	1/10
0,5	30	0,25	0,27	0,3	0,33	0,36	0,3	0,32	0,36	0,39	0,48
0,6	30	0,22	0,24	0,27	0,3	0,33	0,27	0,29	0,33	0,35	0,39
0,7	30	0,20	0,22	0,25	0,27	0,31	0,24	0,26	0,3	0,33	0,36
0,8	30	0,19	0,20	0,23	0,25	0,28	0,22	0,24	0,27	0,3	0,34
0,9	30	0,17	0,19	0,21	0,23	0,27	0,2	0,22	0,25	0,27	0,31
1,0	30	0,16	0,18	0,2	0,22	0,25	0,19	0,21	0,24	0,26	0,29
0,5	45	0,22	0,25	0,27	0,3	0,33	0,27	0,29	0,33	0,36	0,4
0,6	45	0,2	0,22	0,25	0,27	0,3	0,24	0,26	0,3	0,32	0,36
0,7	45	0,18	0,2	0,23	0,25	0,27	0,22	0,24	0,27	0,29	0,33
0,8	45	0,17	0,19	0,21	0,23	0,25	0,2	0,22	0,25	0,27	0,3
0,9	45	0,16	0,17	0,19	0,21	0,24	0,18	0,2	0,23	0,25	0,28
1,0	45	0,15	0,16	0,19	0,2	0,22	0,17	0,19	0,21	0,23	0,26

Примітки: Коефіцієнт втрат повітря через ворота, отвори або двері при бездії завіси рівний для двостулкових воріт μ = 0,64; для розсувних воріт μ = 0,8.

Відношення приведеної площі припливних і витяжних отворів визначаємо за формулою:

$$Б = \frac{\mu F_b (1-q) + (\mu F)_{ПРИП}}{(\mu F)_{ВИТ}} \ (м^2); \qquad (2.58)$$

при заборі повітря для завіси з приміщення, а при заборі повітря для завіси зовні:

$$Б = \frac{\mu F_b + (\mu F)_{ПРИП}}{(\mu F)_{ВИТ}} \ (м^2); \qquad (2.59)$$

$$Б = \frac{0,29 \cdot 12(1-0,62)+2}{2,8} = 1,2 \ м^2.$$

Таблиця 2.32

Добуток площі щілини довжиною 1 *м* на коефіцієнт втрат повітря через цю щілину, *м*²

Місцеположення щілини	Вікна з дерев`яними рамами		Вікна з металевими рамами		Двері та ворота
	одинарні	подвійні	одинарні	подвійні	
В робочій зоні	0,003	0,002	0,002	0,0012	0,01
У верхньому світлі та ліхтарях	0,005	0,003	0,004	0,0025	—

Примітка. Для будівель з поганим станом рам величину для щілин у вікнах необхідно брати в 1,5—2 рази більшу.

Висоту розташування нейтральної зони визначаємо за формулою:

$$h_{н.з} = \frac{h}{(1,052Б)^2 + 1} \ (м); \qquad (2.60)$$

$$h_{н.з} = \frac{5}{(1,052 \cdot 1,2)^2 + 1} = 2 \ м,$$

а для будівель з тепловим надлишком, в яких у холодний період влаштовується аерація визначаємо за формулою:

$$h_{н.з} = \frac{h - h_{ПРИП}}{\left[1,1\frac{(\mu F)_{ПРИП}}{(\mu F)_{ВИТ}}\right]^2 + 1} + h_{ПРИП} \ (м), \qquad (2.61)$$

де $h_{ПРИП}$ — висота розташування середини припливних фрамуг над серединою воріт, *м*;

$(\mu F)_{ПРИП}$ — сумарна площа припливних отворів у вікнах, помножена на коефіцієнт втрат, $м^2$;

$(\mu F)_{ВИТ}$ — сумарна площа витяжних отворів і щілин у фрамугах ліхтарів, шахт, помножена на коефіцієнт втрат, $м^2$.

Кількість повітря, яке проходить при дії завіси через ворота, визначаємо за формулою:

$$G_{ПРИП} = 3600 \cdot F_b \cdot \mu \sqrt{19{,}62 \cdot h_{н.з.} \left(\gamma_{ЗОВН} - \gamma_{ВСЕР}\right) \cdot \gamma_{СУМ}} \quad (кг/год.), \qquad (2.62)$$

де $\gamma_{ЗОВН}$ — питома вага зовнішнього повітря, $кг/м^3$ при температурі $t_{ЗОВН}$, °С (табл. 2.33);

$\gamma_{ВСЕР}$ — питома вага повітря, $кг/м^3$ всередині приміщення за висотою при температурі $t_{ВСЕР}$, °С (табл. 2.33);

$\gamma_{СУМ}$ — питома вага суміші завіси і зовнішнього повітря, $кг/м^3$ при температурі $t_{СУМ}$, °С.

$$G_{ПРИП} = 3600 \cdot 12 \cdot 0{,}29 \sqrt{19{,}62 \cdot 2 \cdot 0{,}219 \cdot 1{,}226} = 40590 \ кг/год.,$$

де $\Delta\gamma = \gamma_{-25} - \gamma_{20} = 1{,}424 - 1{,}205 = 0{,}219 \ кг/м^3$;

$\gamma_{СУМ} = \gamma_{15} = 1{,}226 \ кг/м^3$.

Таблиця 2.33

Питома вага повітря при різній температурі та атмосферному тиску 760 мм. рт. ст.

Температура, °С	Питома вага, $кг/м^3$	Температура, °С	Питома вага, $кг/м^3$	Температура, °С	Питома вага, $кг/м^3$
—25	1,424	+5	1,270	+35	1,146
—20	1,396	+10	1,248	+40	1,128
—15	1,368	+15	1,226	+45	1,110
—10	1,342	+20	1,205	+50	1,093
—5	1,317	+25	1,185	+55	1,076
0	1,293	+30	1,165	+60	1,060

Формула 2.62 використовується для будівель з ліхтарями або з верхнім світлом, коли нейтральна зона проходить вище воріт, а для будівель без ліхтарів, коли нейтральна зона знаходиться в межах висоти воріт, кількість повітря, яке проходить через нижню частину воріт, визначаємо за формулою:

$$G_{ПРИП.НИЖН} = 2400 \cdot h'_{н.з} \cdot B \cdot \mu_{НИЖН} \cdot \sqrt{19{,}62 \cdot h'_{н.з} \left(\gamma_{ЗОВН} - \gamma_{ВСЕР}\right) \gamma_{СУМ}} \quad (кг/год.), \quad (2.63)$$

де B — ширина отвору воріт, *м*;

μ — коефіцієнт втрат повітря через ворота при дії завіси (табл. 2.31);

$\mu_{НИЖН}$ — коефіцієнт втрат повітря через нижню частину воріт при дії завіси (табл. 2.31);

$h`_{н.з}$ — висота нейтральної зони від підлоги, *м*.

За формулою:

$$G_з = qG_{ПРИП} \ (кг/год.), \qquad (2.64)$$

знаходимо кількість повітря для завіси

$G_з = 0{,}62 \cdot 40590 = 25166 \ кг/год.$

Якщо нейтральна зона знаходиться в межах воріт:

$$G_з = q \cdot G_{прип.\ нижн}\ (кг/год.).$$

Якщо в будівлі нема надлишків тепла, то для величини q приймаємо оптимальне значення $q_{опт}$ згідно табл. 2.30, а для будівель з тепловим надлишком величину q визначаємо за формулою:

$$q = \frac{t_{сум} - t_{зовн}}{\left(t_з - t_{зовн}\right)\left(1 - \frac{Q'}{Q_з}\right)}, \qquad (2.65)$$

де $t_з$ — температура повітря, яка подається в повітряну завісу, °С;

$\frac{Q'}{Q_з}$ — відношення кількості тепла, яке втрачається з повітрям завіси, що викидається назовні до загальної кількості тепла, яке замкнене в повітрі та подається у завісу, знаходимо за рис. 2.19.

За рис. 2.19 знаходимо величину $\frac{Q'}{Q_з}$:

$\frac{Q'}{Q_з} = 0{,}115$, а за формулою 2.66 знаходимо температуру повітря, яка подається в повітряну завісу:

$$t_з = t_{зовн} + \frac{t_{сум} - t_{зовн}}{q\left(1 - \frac{Q'}{Q_з}\right)}\ (°С); \qquad (2.66)$$

$$t_з = -25 + \frac{14 + 25}{0{,}62\left(1 - 0{,}115\right)} = 46\ °С.$$

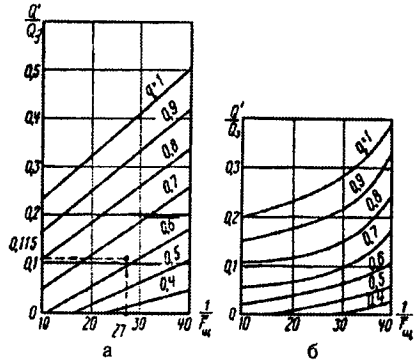


Рис. 2.19. Графік втрат тепла з частини струменя завіси, яке виходить назовні:
а — при відсутності тамбура; б — при наявності відкритого тамбура

Кількість тепла для підігрівання повітря знаходимо за формулою:

$$Q = G_з \cdot 0{,}24\ (t_з - t_{поч})\ (ккал/год), \qquad (2.67)$$

де $t_{поч}$ — температура повітря, яка потрапляє в калорифер повітряної завіси, °С (при повітрозаборі біля підлоги поблизу воріт, $t_{поч} = t_{сум}$; при повітрозаборі на рівні площадок над воротами $t_{поч} = t_{всер}$; при заборі повітря з верхньої зони $t_{поч} = t_{вил}$).

$Q = 25166 \cdot 0{,}24\ (46 — 15) = 187\ 235\ ккал/год.$

Додаткові витрати тепла на систему опалення для підігрівання повітря, яке проходить через ворота, від температури суміші $(t_{сум})$ до температури всередині приміщення $(t_{всер})$ складе:

$$Q_{дод} = G_{прип} \cdot 0{,}24\ (t_{всер} - t_{сум}) = 40\ 590 - 0{,}24\ (17 - 15) = 19\ 483\ ккал/год.$$

На графіках рис. 2.19 пунктирною лінією наведено рішення конкретного прикладу.

Приклад 2.14. Розрахувати повітряну теплову завісу для воріт цеху. Щілина розташована знизу воріт. Ширина її $b_щ = 0{,}15$ *м*. Висота воріт $H_b = 2{,}5$ *м*, ширина $B_b = 3$ *м*. Середня швидкість вітру $v_{віт} = 2$ *м/с*. Температура повітря, що забирається із верхніх зон цеху $t_{в.з} = +20$ °С. Середня температура зовнішнього повітря за опалювальний період $t_{зовн} = -5$ °С. Кут випуску струменя завіси до площини воріт у плані $a = 45^0$, коефіцієнт турбулентної структури струменя $a = 0{,}2$. При даних значеннях a і α для розташування завіси знизу функція φ, що залежить від кута нахилу струменя завіси і коефіцієнта турбулентної структури струменя, дорівнює 0,47;

$$\varphi = \frac{\sqrt{3}}{2}\sqrt{\frac{b_щ}{\cos\alpha}} \cdot th\frac{\sin\alpha \cdot \cos\alpha}{a}, \qquad (2.68)$$

де $b_щ$ — ширина щілини, *м*;
a — кут між струменем повітря і площиною воріт у плані;
th — гіперболічний тангенс.

Повітряну завісу можна розглядати як умовний шибер висотою $h = 2$ *м*. Напрям вітру перпендикулярний до площини воріт.

Розрахунок. Кількість холодного зовнішнього повітря, яке потрапляє в цех при бездіяльності повітряної завіси L_0, визначаємо за формулою:

$$L_0 = H_b \cdot B_b \cdot v_{віт}\ (м^3/с), \qquad (2.69)$$

де H_b — висота воріт, *м*;
B_b — ширина воріт, *м*;
$v_{віт}$ — середня швидкість вітру, *м/с*.

$L_0 = 2{,}5 \cdot 3 \cdot 2 = 15\ м^3/с.$

Кількість зовнішнього повітря, що проникає в цех при прийнятій висоті повітряної завіси (умовного шибера) $h = 2$ *м*, буде складати:

$$L_{зовн} = L_0 (1 - h/H_b) = 15 \cdot (1 - 2/2{,}5) = 3\ м^3/с. \quad (2.70)$$

Кількість повітря, яка необхідна для завіси, визначається за формулою:

$$L_з = \frac{L_0 - L_{зовн}}{\varphi\sqrt{H_b/b_щ + 1}} = \frac{15 - 3}{0{,}47\sqrt{2{,}5/0{,}15 + 1}} = 6{,}0\ м^3/с. \quad (2.71)$$

Швидкість виходу повітря із щілини розраховується за формулою:

$$\upsilon = \frac{L_з}{B_b} \cdot b_щ = \frac{6{,}0}{3 \cdot 0{,}15} = 13{,}3\ м/с. \quad (2.72)$$

Середня температура повітря, що потрапляє в цех, дорівнює:

$$t_{СР} = \frac{L_з \cdot t_{в.з} + L_{зовн} \cdot t_{зовн}}{L_з + L_{зовн}} = \frac{6{,}0 \cdot 20 + 3 \cdot (-5)}{6{,}0 + 3} = 12\ ^0С. \quad (2.73)$$

Приклад 2.15. Визначити кількість повітря, що вилучається витяжним зонтом, відкритим з однієї сторони, розташованим над установкою, в процесі роботи якої виділяються шкідливі гази та пари. Розмір зонта a x b = 1,5 x 0,8 $м^2$.

Розрахунок. Кількість повітря, що вилучається витяжним зонтом визначаємо за формулою:

$$L = a \cdot b \cdot \upsilon \cdot 3600\ (м^3/год.), \quad (2.74)$$

де υ — швидкість повітря, що вилучається, в площині перетину по краю зонта (приймальний отвір зонта), $м/с$.

Середня швидкість руху забрудненого потоку повітря в приймальному отворі зонта повинна бути:

$\upsilon_{СР}$ = 1,05 — 1,25 $м/с$ — зонт відкритий з чотирьох сторін;
$\upsilon_{СР}$ = 0,9 — 1,05 $м/с$ – зонт відкритий з трьох сторін;
$\upsilon_{СР}$ = 0,75 — 0,9 $м/с$ – зонт відкритий з двох сторін;
$\upsilon_{СР}$ = 0,5 — 0,75 $м/с$ – зонт відкритий з однієї сторони.

$L = 1{,}5 \cdot 0{,}8 \cdot 0{,}5 \cdot 3600 = 2160\ м^3/год.$

Приклад 2.16. Розрахувати об`єм повітря, що вилучається відсмоктувальною панеллю від ванни діаметром d_b = 1 *м*. Від передньої сторони ванни панель знаходиться на відстані l = 1,4 *м*, а середина її знаходиться на висоті H = 0,7 *м* від верхньої площини ванни. Кількість тепла, яке виділяється від ванни, рівне Q = 5 100 *ккал/год.*

Розрахунок. Об`єм повітря, що вилучається панеллю, визначаємо за формулою:

$$L_п = c \cdot Q^{1/3} (H + B)^{5/3}\ (м^3/год.), \quad (2.75)$$

де c — коефіцієнт пропорціональності, що залежить від конструкції панелі та її розташування відносно джерела виділення тепла;

Q – кількість тепла, яке виділяється джерелом, *ккал / год.*;
H — відстань від верхньої площини джерела до центру всмоктування панелі, *м*;
B — ширина джерела, *м*.

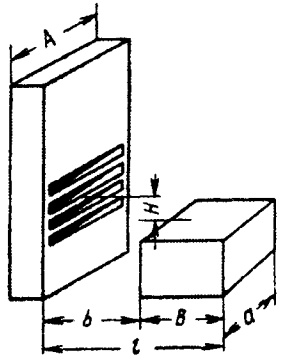


Рис. 2.20. Схема всмоктувальної панелі (одностороння)

Коефіцієнт c для панелі без екрана:

$$c = 240\left(\frac{l}{H+B}\right)^{2/3}; \qquad (2.76)$$

для панелі з екраном:

$$c = 240\left(\frac{l}{H+B}\right)^{1/2} m; \qquad (2.77)$$

при встановленні екрана на відстані:

$\frac{b_1}{B} = 0 \quad m = 1;$ $\qquad$ $\frac{b_1}{B} = 0{,}3 \quad m = 1{,}5;$

$\frac{b_1}{B} = 1 \quad m = 1{,}8;$ $\qquad$ $\frac{b_1}{B} > 1 \quad m = 2.$

Коефіцієнт c для панелі без екрана:

$$c = 240\left(\frac{1{,}4}{0{,}7+1}\right)^{2/3} = 212.$$

Об`єм повітря, що вилучається панеллю:

$$L_п = 212 \cdot 5100^{1/3}(0{,}7+1)^{5/3} = 8824 \ м^3/год.$$

Приклад 2.17. Визначити об`єм повітря, що вилучається витяжною шафою. Площа робочого отвору шафи $F_ш = 0{,}5 \cdot 0{,}7$ *м*^{2}. З шафи вилучаються пари розчинників (толуол, бензол).

Розрахунок. Об'єм повітря, що вилучається з шафи, при відсутності джерела тепла визначається за формулою:

$$L = 3600 \cdot v_0 \cdot F_ш \ (м^3/год.),$$

де v_0 — швидкість вилучення повітря, $м/с$ (табл. 2.34);
$F_ш$ — площа робочого отвору шафи, $м^2$.

$L = 3600 \cdot 0{,}75 \cdot 0{,}5 \cdot 0{,}7 = 945 \ (м^3/год.)$.

Таблиця 2.34

Швидкість руху повітря в робочих отворах витяжних шаф та кратність повітрообміну повітря

Шкідливі речовини (гази, пари, пил)	ГДК в робочій зоні приміщень, $мг/м^3$	Розрахована швидкість (швидкість вилучення повітря), $м/с$	Кратність повітрообміну в шафі
Ацетон, бензин, скипидар, гас, етиловий та бутиловий спирти, ефіри оцтової кислоти	100-1000	0.50	150—200
Аміак, бензол, толуол, сірковуглець, спирт метиловий, дихлоретан, чотирихлористий вуглець	10-100	0,75	200—250
Акролеїн, анілін, окиси азоту, стирол, окис цинку, сірчана кислота, сірководень	1-10	0,75-1,0	250—350
Миш'як, пари ртуті та свинцю, хлор, сулема, фосфор, жовтий ціанистий водень, нітроакрил	<1	1,0—2,0	350—500

2.7. КОНДИЦІОНУВАННЯ ПОВІТРЯ

Кондиціонування повітря в приміщеннях передбачають для створення та підтримання заданих параметрів повітряного середовища: температури, вологості, швидкості руху повітря. У відповідності з вимогами для конкретних приміщень повітря нагрівають або охолоджують, зволожують або висушують, очищають від пилу або піддають дезінфекції, дезодорації, озонуванню.

Системи кондиціонування повітря повинні забезпечувати нормовані метеорологічні параметри та чистоту повітря всередині приміщень при розрахункових параметрах зовнішнього повітря Б для теплого і холодного періодів року згідно СНиП 2.04.05-91. В окремих випадках допускається розраховувати системи кондиціонування повітря на параметри зовнішнього повітря В.

Кондиціонування повітря здійснюється комплексом технічних засобів — системою кондиціонування повітря (СКП). В склад СКП входять: системи приготування, переміщення та розподілу повітря, а також технічні засоби холодо- і теплопостачання, автоматики, дистанційного керування та контролю. Технічні засоби СКП повністю або частково агрегуються в апарати — кондиціонери.

Установки для кондиціонування повітря можуть бути центральними, які обслуговують одне велике або декілька приміщень і місцевими, які обслуговують невеликі виробничі приміщення, лабораторії, кабінети.

Місцеві кондиціонери встановлюють безпосередньо в приміщенні, яке вони обслуговують.

Центральні кондиціонери збираються з типових секцій. Набір типових секцій, послідовність їх збирання в кондиціонерах систем КП та режим роботи визначається розрахунковою побудовою процесів обробки повітря в I-d діаграмі.

Типові секції камер кондиціонерів можуть збиратися в будь-якій послідовності процесів обробки повітря. Секції мають нормалізовані приєднувальні розміри. Кондиціонери, продуктивність яких становить до 120 000 $м^3/год.$ випускаються металеві, а з більшою продуктивністю — залізобетонні.

Індекс секції відповідає індексу креслення, згідно якого вона виготовлена на заводі. Перші дві—три цифри індекса вказують на номінальну продуктивність за повітрям в тисячах $м^3/год.$, наступні одна—дві цифри — номенклатурний номер секції, буквою позначають варіант креслення або виконання. Наприклад, індекс Кд 4002 В характеризує секцію номер 2 кондиціонера продуктивністю 40 000 $м^3/год.$ за варіантом В.

Також можуть використовуватись комбіновані установки, які працюють сумісно з системами променевого охолодження та опалення, місцевого дозволоження повітря та іншими пристроями.

При проектуванні СКП необхідно враховувати:

— режим роботи (цілодобово, протягом року);

— вид центрального СКП (низького, середнього чи високого тиску);

— фільтри, що використовуються для очищення повітря.

Центральні системи кондиціонування повітря, які обробляють тільки зовнішнє повітря (без рециркуляції) доцільно проектувати для приміщень, в яких виділяються гази, пари, пил і утворюються бактерії. Для подачі тільки зовнішнього повітря в приміщення використовують центральні багатозональні системи. Вони більш економніші від окремих систем для кожної зони або кожного приміщення.

Найбільш поширена центральна система, яка обробляє зовнішнє та рециркуляційне повітря.

Центральні двохканальні системи СКП подають холодне та підігріте повітря по двох паралельних каналах. Температура в кожному приміщенні регулюється терморегулятором. За ефектом дії двохканальні системи рівнозначні багатозональним. Але основний недолік їх в тому, що прокладка паралельних повітроводів збільшує витрати.

Для багатокімнатних будівель застосовують центральні водоповітряні системи. В кожне приміщення подається повітря, яке підготовлене в центральному кондиціонері. Перед випуском у приміщення, його змішують з повітрям даного приміщення,

попередньо охолодженим або нагрітим у теплообмінниках кондиціонерів — доводчиків, які забезпечені холодною або гарячою водою.

Місцеві системи кондиціонування поділяються на автономні і неавтономні. Автономні кондиціонери можуть мати все устаткування для оброблення повітря і потребують тільки підключення до електромережі або також до водопостачання і каналізації. Неавтономні СКП підключаються, окрім того, до систем подачі тепло- та холодоносія.

Таблиця 2.35

Технічні характеристики автономних кондиціонерів

Назва показників	Одиниця виміру	Тип кондиціонера	
		"Харків-2"	"Азербайджан"
Продуктивність за повітрям	$м^3/год.$	1700	500
Холодопродуктивність	*ккал/год.*	7500	1700
Теплопродуктивність	*ккал/год.*	7500	—
Максимальна температура води для охолодження	°С	25	—
Кількість води для охолодження	*л/год.*	1200	—
Холодоагент	—	Фреон 12	Фреон 22
Усталена потужність електродвигунів трьохфазного струму 220/380 В компресора	*кВт*	2,8	1,2
Усталена потужність вентилятора	*кВт*	0,4	0,1
Тип компресора	—	ФВ-6	—
Площа обслуговування приміщення	$м^2$	300	20
Вага	*кг*	340	85
Габаритні розміри:	*мм*		
— висота		1400	400
— ширина		950	678
— глибина		535	734
Охолодження	—	Водяне	Повітряне
Гранична температура зовнішнього повітря	°С	—	30

Автономний кондиціонер "Харків-2" (типу шафи) застосовується для підтримання оптимальної температури в теплий період року в кабінетах, аудиторіях, лабораторіях, торгівельних приміщеннях та ін.

Автономний кондиціонер "Азербайджан" (віконного типу) застосовується для підтримання пониженої температури повітря в приміщенні в теплий період року.

Місцеві автономні кондиціонери 1КС-12А, КВ1-17, КВ1-24 застосовуються для підтримання оптимальної температури у виробничих приміщеннях та в приміщеннях громадського призначення протягом року.

Таблиця 2.36

Технічні характеристики автономних кондиціонерів

Назва показників	Одиниця виміру	Тип кондиціонера						
		1КС-12А	КСИ-12А	КВ1-17	КВ1-24	КС-25	КС-35	КС-50
Продуктивність за повітрям	*м³/год.*	2400	3000	3500	5400	5000	7500	10 000
Холодопродуктивність	*ккал/год.*	12 000	12 000	17 000	24 000	25 000	35 000	50 000
Теплопродуктивність	*ккал/год.*	4130	—	—	—	8500	9400	15 000
Кількість води для охолодження	*л/год.*	2060	2400	3800	4750	4000	7000	9300
Холодоагент		Фреон-12	Фреон-12	Фреон-22	Фреон-22	Фреон-12	Фреон-12	Фреон-12
Усталена потужність електродвигунів трьохфазного струму 220/380 В компресора	*кВт*	4	5	3,1	8,25	6,5	14	20
Усталена потужність вентилятора	*кВт*	0,6	2,2	1,1	2,2	2,2	3	3
Вага	*кг*	700	900	540	800	1000	1500	2000

Таблиця 2.37

Місцеві неавтономні підвіконні і віконні кондиціонери

Назва показників	Одиниця виміру	Підвіконні кондиціонери					Віконний випарний КИ-0,5
		КНС-0,3	КНС-0,5	КНС-1	КНК-0,15	КНК-0,3	
Продуктивність за повітрям	*м³/год.*	300	500	1000	150	300	520
Максимальна кількість зовнішнього повітря	*м³/год.*	100	125	250	150	300	520
Кількість води:	*л/год.*						
— холодної		300	500	1000	150	300	—
— гарячої		100	180	380	50	100	—
Поверхня теплообмінника	*м²*	5	6,0	10,5	—	—	—
Опір теплообмінника проходу води	*кг/м²*	400	1500	400	—	—	—
Теплопродуктивність:	*ккал/год.*						
при роботі вентилятора ($t_{води}$ = 95 °С)		Згідно розрах.	Згідно розрах.	Згідно розрах.	1220	2440	—
при конвективному нагріванні		Згідно розрах.	Згідно розрах.	Згідно розрах.	620	1240	—
Холодопродуктивність ($t_{води}$ = 7 °С)	*ккал/год.*	Згідно розрах.	Згідно розрах.	Згідно розрах.	400	800	1900
Усталена потужність електродвигуна	*кВт*	0,4	0,7	1,8	0,025	0,05	0,07
Рівень шуму на відстані 1 *м*	*дБ*	52	55	60	60	60	50
Вага	*кг*	60	80	110	40	80	20
Габаритні розміри:	*мм*						
— висота		700	700	700	400	400	447
— ширина		570	760	1035	600	1200	360
— глибина		280	280	360	180	180	500

Підвіконні неавтономні кондиціонери КНС та КНК застосовуються для жилих приміщень, громадських будівель та ін.

Віконний кондиціонер КИ застосовується для охолодження температури в приміщенні в теплий період року.

Усі типи неавтономних кондиціонерів (табл. 2.38) застосовуються для підтримання оптимальної температури повітря в приміщеннях протягом року.

Таблиця 2.38

Технічні характеристики неавтономних кондиціонерів

Назва показників	Одиниця виміру	Тип кондиціонера				
		КНУ-2,5	КНУ-5	КНУ-7,5	КНУ-12	КНУ-18
Продуктивність за повітрям	$м^3/год.$	2500	5000	7500	12 000	18 000
Холодопродуктивність ($t_{води}$ = 8 °С)	*ккал/год.*	14 500	29 000	43 500	60 000* / 70 000	100 000* / 120 000
Теплопродуктивність при	*ккал/год.*					
$t_{теплоносія}$ = 130—70 °С		43 000	86 000	130 000	250 000	330 000
$t_{теплоносія}$ = 70—40 °С		8000	16 000	24 000	47 000	70 000
Усталена потужність вентилятора	*кВт*	3,9	7,2	7,2	14.5	14.5
Вага	*кг*	785	1020	1270	1900	3 400

Комбіновані системи, тобто системи променевого охолодження та опалення, які встановлюються разом з СКП застосовуються, як правило, в приміщеннях з незначним вологовиділенням, коли відсутня небезпека утворення конденсату на поверхнях приладів променевого охолодження. Параметри повітря регулюються калориферами місцевого підігріву СКП.

2.8. РОЗРАХУНОК СИСТЕМ ОПАЛЕННЯ

Системи опалення являють собою комплекс елементів, необхідних для нагрівання приміщень в холодний період року. До основних елементів системи опалення належать джерела тепла, теплопроводи, нагрівальні прилади. Теплоносіями можуть бути нагріта вода, пара чи повітря. Системи опалення повинні компенсувати втрати тепла через огороджуючі зовнішні будівельні конструкції та підігрівати холодне повітря, яке надходить ззовні через вікна, двері, ворота та ін. Для підприємств та організацій проектується, як правило, центральна водяна система опалення низького тиску або система повітряного опалення, особливості розрахунку якої розглянуті в розділі 2.5. При проектуванні системи опалення визначають: категорію вибухопожежної небезпеки виробництва; внутрішню температуру повітря в приміщенні, залежно від категорії роботи (легка, середньої важкості, важка); розрахункову зовнішню температуру повітря для даного кліматичного району; орієнтовні втрати тепла будинком; тепловиділення від: людей, електродвигунів, нагрітих поверхонь котлів, сушильних установок, світильників, розплавленого металу та ін.; необхідну систему опалення, вид теплоносія, тип опалювальних приладів; кількість тепла на опалення приміщень; поверхню нагрівальних приладів; кількість елементів секцій в одному нагрівальному приладі, загальну кількість секцій; годинні витрати води (повітря) на опалення; необхідну поверхню нагріву, тип та ККД котла.

* В чисельнику для паралельно-послідовного з'єднання елементів, що охолоджуються повітрям, а в знаменнику — для послідовного.

Кількість тепла, що втрачається будівельною конструкцією Q_K, залежить від різниці температур, величини їх значень, площі та виду матеріалу і може бути підрахована для плоских поверхонь за формулою:

$$Q_K = k \cdot F_K (t_{ВН} - t_{ЗОВН}) \ (ккал/год.), \qquad (2.78)$$

де k — коефіцієнт теплопередачі конструкції огорожі (стін), $ккал/год. \cdot м^2 \cdot {}^0C$;

F_K — поверхня огороджувальної конструкції, $м^2$;

$t_{ВН}$ — розрахункова температура (внутрішня) повітря в приміщенні, ^0C;

$t_{ЗОВН}$ — розрахункова температура зовнішнього повітря (приймається за кліматичними даними для даного міста), ^0C.

Приклад 2.18. Розрахувати втрати тепла будинку. Площа огороджувальних конструкцій (стін), із звичайної цегли товщиною 510 *мм* ($k = 0{,}97$ $ккал/год. \cdot м^2 \cdot {}^0C$) $F_K = 1000\ м^2$, внутрішня температура $t_{ВН} = 20\ ^0C$, зовнішня розрахункова температура $t_{ЗОВН} = -16\ ^0C$ (для міста Львова).

Розрахунок. Кількість тепла, яке втрачається будівельною конструкцією визначаємо за формулою:

$$Q_K = k \cdot F_K (t_{ВН} - t_{ЗОВН}) = 0{,}97 \cdot 1000 \left[20 - (-16)\right] = 34920 \ ккал/год.$$

Приклад 2.19. Розрахувати кількість нагрівальних приладів двохтрубної системи опалення. Тепловтрати в приміщенні складають $Q = 50\,000$ $ккал/год.$; теплоносій — вода з початковою температурою $t_{ПОЧ} = +100\ ^0C$ і кінцевою $t_{КІН} = +60\ ^0C$; температура в приміщенні $t_{ПР} = +18\ ^0C$; тепловиділення трубопроводами не враховуються.

Розрахунок. Визначаємо відносну витрату води на еквівалентний квадратний метр (*е. к. м.*) з тепловіддачею еталонного приладу $Q_{Е.П.} = 435$ $ккал/год. \cdot м^2$ при різниці між середньою температурою теплоносія в приладі та температурою оточуючого повітря $t_{О.ПОВ} = 64{,}5\ ^0C$ і подачею води зверху донизу в кількості $L = 17{,}4$ $кг/м^2 \cdot год.$ Поверхню нагріву нагрівальних приладів, що віддає тепло, визначають в *е. к. м.*, а потім перераховують на метраж прийнятих для установки типів приладів.

Відносна витрата води буде складати:

$$q = \frac{7{,}98(\Delta t - 10)}{\Delta T_{ПРИЛ} \cdot L} = \frac{7{,}98\left[\left(\frac{100+60}{2} - 18\right) - 10\right]}{(100-60) \cdot 17{,}4} = 0{,}596 \ ккал/год., \qquad (2.79)$$

де Δt — різниця температур між середньою температурою теплоносія в нагрівальному приладі та температурою в приміщенні, ^0C;

$\Delta T_{ПРИЛ}$ — перепад температур теплоносія в нагрівальному приладі, ^0C.

L — кількість води, що подається зверху донизу, $кг/м^2 \cdot год.$

Значення е. к. м. можна порахувати за формулою:

$$q_{е.к.м.} = 7{,}98\ (\Delta t - 10)\ .\ \alpha\ (ккал/год.\ е.\ к.\ м.), \qquad (2.80)$$

де α — поправочний коефіцієнт, що залежить від відносної витрати води.

Таблиця 2.39

Значення поправочного коефіцієнта залежно від відносної витрати води

q	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1	5	7	>7
α	0,85	0,89	0,91	0,93	0,95	0,97	0,99	1	1,03	1,06	1,07

$$q_{е.к.м.} = 7{,}98\left[\left(\frac{100+60}{2}-18\right)-10\right]\cdot 0{,}93 = 386 \ ккал/год. \cdot е.к.м.$$

Необхідну поверхню приладів е. к. м. $F_{ПР}$ можна визначити за формулою:

$$F_{ПРИЛ} = \frac{Q_1}{q_{е.к.м.}} = \frac{50000}{386} = 130 \ м^2. \qquad (2.81)$$

Необхідна кількість секцій радіаторів М-140 ($f_{е.к.м.} = 0{,}31 \ м^2$) дорівнює:

$$n = \frac{F_{ПРИЛ}}{f_{е.к.м.}} = \frac{130}{0{,}31} = 418 \ штук. \qquad (2.82)$$

Розділ 3

ВИРОБНИЧЕ ОСВІТЛЕННЯ

3.1. ОСНОВНІ СВІТЛОТЕХНІЧНІ ТЕРМІНИ ТА ВИЗНАЧЕННЯ

1. *Світловий потік* ($Ф$) — це потужність світлового видимого випромінювання, що оцінюється оком людини за світловим відчуттям. Одиницею світлового потоку є *люмен* (*лм*) — світловий потік від еталонного точкового джерела в одну канделу (міжнародну свічку), розташованого у вершині тілесного кута в 1 стерадіан.

2. *Сила світла* (I) — це величина, що визначається відношенням світлового потоку ($Ф$) до тілесного кута (ω), в межах якого світловий потік рівномірно розподіляється. Одиницею сили світла є *кандела* (*кд*) — сила світла точкового джерела, що випромінює світловий потік в 1 *лм*, який рівномірно розподіляється всередині тілесного кута в 1 стерадіан.

3. *Освітленість* (E) — відношення світлового потоку ($Ф$), що падає на елемент поверхні, до площі цього елементу (S). Одиницею освітленості є *люкс* (*лк*) — рівень освітленості поверхні площею 1 $м^2$, на яку падає рівномірно розподіляючись, світловий потік в 1 люмен.

4. *Яскравість* (B) — відношення сили світла (I), що випромінюється елементом поверхні в даному напрямку, до площі поверхні, яка світиться. Одиницею яскравості є *нит* (*нт*) — яскравість поверхні, що світиться і від якої в перпендикулярному напрямку випромінюється світло силою в 1 канделу з 1 $м^2$.

5. *Робоча поверхня* — поверхня, на якій проводиться робота і на якій нормується чи вимірюється освітленість.

6. *Умовна робоча поверхня* — умовно прийнята горизонтальна поверхня, що розміщена на висоті 0,8 *м* від підлоги.

7. *Об'єкт розпізнавання* — предмет, що розглядається, окрема його частина чи дефект, які необхідно розпізнавати в процесі роботи.

8. *Коефіцієнт відбиття поверхні* (ρ) — відношення світлового потоку, відбитого від поверхні, до світлового потоку, що падає на неї.

9. *Фон* — поверхня, що прилягає безпосередньо до об'єкта розпізнавання, на якій він розглядається.

Фон вважається:

— світлим — при $\rho > 0,4$;

— середнім — при $\rho = 0,2 \div 0,4$;

— темним — при $\rho < 0,2$.

10. *Контраст об'єкта розпізнавання з фоном* (K) визначається відношенням абсолютної величини різниці між яскравістю об'єкта і фону до яскравості фону.

Контраст об'єкта з фоном вважається:
— великим — при $K > 0,5$;
— середнім — при $K = 0,2 \div 0,5$;
— малим — при $K < 0,2$.

11. *Блискучість* — підвищена яскравість поверхонь, що погіршує видимість об'єктів.

12. *Робоче освітлення* — освітлення приміщень будівель, а також ділянок відкритих просторів, призначених для роботи, проходу людей і руху транспорту.

13. *Аварійне освітлення* — освітлення для продовження роботи при аварійному відключенні робочого освітлення.

14. *Евакуаційне освітлення* (аварійне освітлення для евакуації) — освітлення для евакуації людей з приміщення при аварійному відключенні робочого освітлення.

15. *Чергове освітлення* — освітлення в неробочий час.

16. *Охоронне освітлення* — освітлення вздовж меж території, що охороняється в нічний час.

17. *Загальне освітлення* — освітлення, при якому світильники розміщуються у верхній зоні приміщення рівномірно (загальне рівномірне освітлення) або стосовно до розташування обладнання (загальне локалізоване освітлення).

18. *Місцеве освітлення* — освітлення, додаткове до загального, що створюється світильниками, які концентрують світловий потік безпосередньо на робочих місцях.

19. *Комбіноване освітлення* — освітлення, при якому до загального освітлення додається місцеве.

20. *Переносний світильник* — нестаціонарний освітлювальний прилад з індивідуальним джерелом живлення.

21. *Світлорозподілення світильника* — важлива світлотехнічна характеристика освітлювального приладу, що визначає розподілення його світлового потоку в просторі навколо світильника.

22. *Коефіцієнт запасу* (K_3) — розрахунковий коефіцієнт, що враховує зниження освітленості в процесі експлуатації внаслідок забруднення та старіння джерел світла (ламп) і світильників, а також зниження властивостей відбивання від поверхонь приміщень.

23. *Показник осліпленості* (P) — критерій оцінки сліпучої дії освітлювальної установки, який виражається формулою:

$$P = (S - 1)1000, \qquad (3.1)$$

де S — коефіцієнт осліпленості, що дорівнює V_1 / V_2 (де V_1 — видимість об'єкта спостереження при екрануванні блискучих джерел світла; V_2 — видимість об'єкта спостереження при наявності блискучих джерел світла в полі зору).

24. *Коефіцієнт пульсації освітленості* $K_П$, % — критерій оцінки відносної глибини коливань освітленості в результаті зміни в часі світлового потоку газорозрядних ламп при живленні їх змінним струмом, який виражається формулою:

$$K_П = \frac{E_{макс} - E_{мін}}{2E_{сер}} 100\ \%, \qquad (3.2)$$

де $E_{макс}$, $E_{мін}$, $E_{сер}$ — відповідно максимальне, мінімальне, середнє значення освітленості за період її коливання, *лк*.

3.2. ВИДИ ВИРОБНИЧОГО ОСВІТЛЕННЯ

Залежно від джерела світла виробниче освітлення може бути: природним, що створюється прямими сонячними променями та розсіяним світлом небосхилу; штучним, що створюється електричними джерелами світла; суміщеним, при якому недостатнє за нормами природне освітлення доповнюється штучним.

Природне освітлення поділяється на: бокове (одно- або двохстороннє), що здійснюється через світлові отвори (вікна) в зовнішніх стінах; верхнє, здійснюване через ліхтарі та отвори в дахах і перекриттях; комбіноване — поєднання верхнього та бокового освітлення.

Штучне освітлення може бути загальним та комбінованим. Загальним називаються освітлення, при якому світильники розміщуються у верхній зоні приміщення (не нижче 2,5 *м* над підлогою рівномірно (загальне рівномірне освітлення) або з врахуванням розташування робочих місць (загальне локалізоване освітлення). Комбіноване освітлення складається із загального та місцевого. Його доцільно застосовувати при роботах високої точності, а також, якщо необхідно створити певний або змінний, в процесі роботи, напрямок світла. Місцеве освітлення створюється світильниками, що концентрують світловий потік безпосередньо на робочих місцях. Застосовування лише місцевого освітлення не допускається з огляду на небезпеку виробничого травматизму та професійних захворювань.

За функціональним призначенням штучне освітлення поділяється на робоче, аварійне, евакуаційне, охоронне, чергове.

Робоче освітлення призначене для забезпечення виробничого процесу, переміщення людей, руху транспорту і є обов'язковим для всіх виробничих приміщень.

Аварійне освітлення використовується для продовження роботи у випадках, коли раптове відключення робочого освітлення, та пов'язане з ним порушення нормального обслуговування обладнання може викликати вибух, пожежу, отруєння людей, порушення технологічного процесу.

Евакуаційне освітлення призначенне для забезпечення евакуації людей з приміщень при аварійному відключенні робочого освітлення. Його необхідно влаштовувати в місцях, небезпечних для проходу людей; в приміщеннях допоміжних будівель, де можуть одночасно знаходитись 100 осіб; в проходах; на сходових клітках; у виробничих приміщеннях, в яких працює більше 50 працівників.

Охоронне освітлення влаштовується вздовж меж території, яка охороняється в нічний час спеціальним персоналом.

Чергове освітлення передбачається у неробочий час, при цьому, як правило використовують частину світильників інших видів штучного освітлення.

Класифікація виробничого освітлення приведена на рис. 3.1.

3.3. ПРИРОДНЕ ОСВІТЛЕННЯ

3.3.1. НОРМУВАННЯ ПРИРОДНОГО ОСВІТЛЕННЯ

Природне освітлення, як правило, передбачається у всіх приміщеннях з постійним перебуванням людей. Без природного освітлення допускається проектування приміщень, що визначені відповідними "Будівельними нормами та правилами" (СНиП II-4-79).

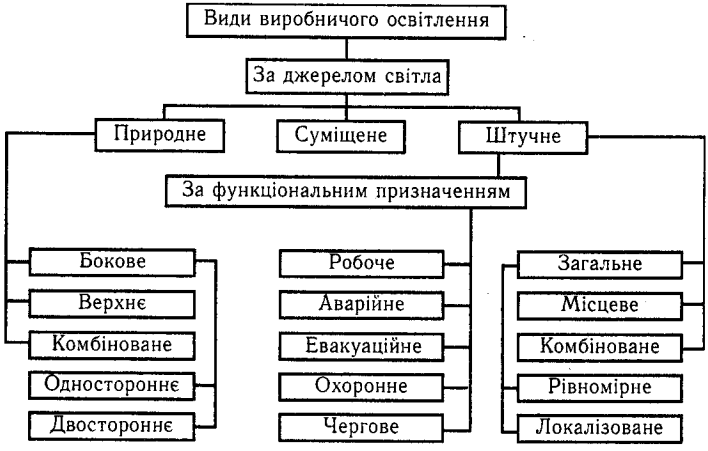


Рис. 3.1. Класифікація видів виробничого освітлення

Оскільки природне освітлення змінюється не лише протягом доби, а навіть протягом короткого проміжку часу, для нормування та розрахунку природного освітлення приміщень, використовують відносний показник — коефіцієнт природного освітлення (КПО):

$$КПО = \frac{E_{вн}}{E_{зов}} \cdot 100\%, \qquad (3.3)$$

де $E_{вн}$ — освітленість у даній точці всередині приміщення, що створюється світлом неба (безпосереднім чи відбитим).

$E_{зов}$ — освітленість горизонтальної поверхні, що створюється в той самий час ззовні світлом повністю відкритого небосхилу.

На рис. 3.2 схематично зображено внутрішню освітленість ($E_{вн}$) умовної точки М всередині приміщення та зовнішню освітленість ($E_{зов}$).

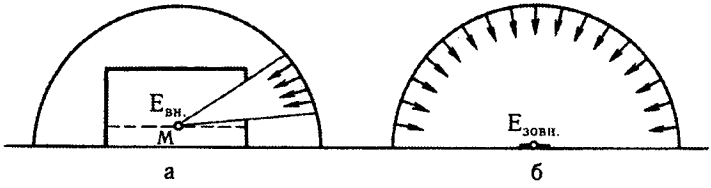


Рис. 3.2. Схематичне зображення внутрішньої $E_{вн}$ (а) та зовнішньої $E_{зов}$ (б) освітленості

Нормовані значення КПО визначаються відповідно до СНиП II-4-79. З метою врахування особливостей світлового клімату в різних географічних пунктах вся територія колишнього СРСР зонована на 5 поясів світлового клімату (СНиП II-4-79, чинний на сьогодні в Україні, затверджений ще в 1979 році і переглядався в 1985 році).

Нормоване значення КПО ($e_н$) для будівель, що розміщенні в I, II, IV та V поясах світлового клімату, визначається за формулою:

$$e_н = e_н^{III} mC, \qquad (3.4)$$

де $e_н^{III}$ — значення КПО за табл. 3.1;

m — коефіцієнт світлового клімату;

C — коефіцієнт сонячності клімату (табл. 3.3).

Територія Кримського півострова належить до V поясу світлового клімату, а решта території України — до IV (рис. 3.3). Коефіцієнт m для IV та V поясів світлового клімату становить відповідно 0,9 та 0,8.

Таблиця 3.1

Норми штучного (для люмінесцентних ламп) та природного освітлення виробничих приміщень (витяг з СНиП II-4-79)

Характеристика зорових робіт	Найменший розмір об'єкта розпізнавання, *мм*	Розряд зорової роботи	Підрозряд зорової роботи	Штучне освітлення		Природне освітлення		Суміщене освітлення	
				Освітленість, *лк*		КПО, %			
				при комбінованому освітленні	при загальному освітленні	при верхньому чи комбінованому освітленні	при боковому освітленні	при верхньому чи комбінованому освітленні	при боковому освітленні
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Найвищої точності	Менше 0,15	I	а б в г	5000 4000 2500 1500	1500 1250 750 400	10	3,5	6	2
Дуже високої точності	0,15—0,3	II	а б в г	4000 3000 2000 1000	1250 750 500 300	7	2,5	4,2	1,5
Високої точності	0,3—0,5	III	а б в г	2000 1000 750 400	500 300 300 200	5	2	3	1,2
Середньої точності	0,5—1	IV	а б в г	750 500 400 300	300 200 200 150	4	1,5	2,4	0,9
Малої точності	1—5	V	а б в г	300 200 — —	200 150 150 100	3	1,0	1,8	0,6
Груба	Більше 5	VI	—	—	150	2	0,5	1,2	0,3
Робота з самосвітними матеріалами	Більше 0,5	VII	—	—	200	3	1	1,8	0,6

Продовження таблиці 3.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Загальне спостереження за ходом виробничого процесу: — постійне спостереження; — періодичне при постійному перебуванні людей в приміщенні; — періодичне при періодичному перебуванні людей в приміщенні	—	VIII	а	—	75	1	0,3	0,7	0,2
			б	—	50	0,7	0,2	0,5	0,2
			в	—	30	0,5	0,1	0,3	0,1

Таблиця 3.2

Характеристика підрозрядів зорових робіт (розряди I—V) у таблиці 3.1

Підрозряд зорової роботи	Контраст об'єкта розпізнавання з фоном	Характеристика фону
а	Малий	Темний
б	Малий Середній	Середній Темний
в	Малий Середній Великий	Світлий Середній Темний
г	Середній Великий Великий	Світлий Світлий Середній

Таблиця 3.3

Значення коефіцієнта сонячності клімату для IV та V поясів світлового клімату

Пояс світлового клімату	Коефіцієнт сонячності клімату, С							
	при світлових отворах, що зорієнтовані за сторонами світу (азимут, град.)							при зенітних ліхтарях
	в зовнішніх стінах будівель			в прямокутних та трапецевидних ліхтарях			у ліхтарях типу "Шед"	
	136—225	226—315 46—135	316—45	69—113 249—293	24—68; 204—248 114—158; 294—338	159—203 339—23	316—45	
IV								
а) північніше 50° півн. ш.	0,75	0,8	1	0,85	0,9	0,95	1	0,9
б) 50° півн. ш. і південніше	0,7	0,75	0,95	0,8	0,85	0,9	0,95	0,85
V								
а) північніше 40° півн. ш.	0,65	0,7	0,9	0,75	0,8	0,85	0,9	0,75
б) 40° півн. ш. і південніше	0,6	0,65	0,85	0,7	0,75	0,8	0,85	0,65

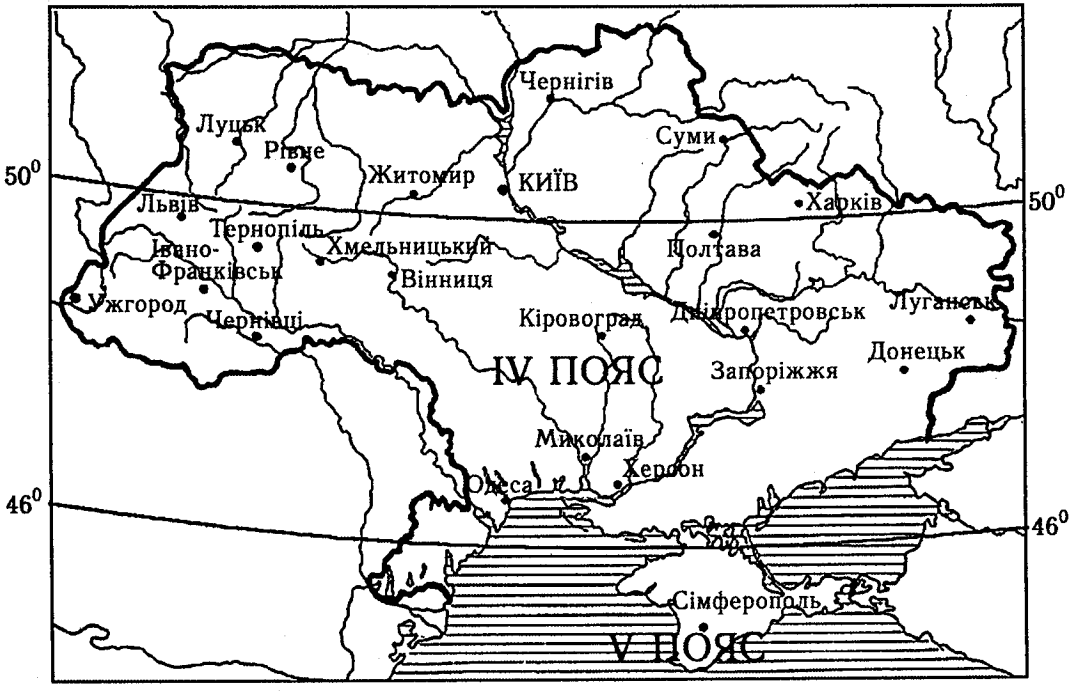


Рис. 3.3. Зонування території України за поясами світлового клімату

При односторонньому боковому природному освітленні нормується мінімальне значення КПО в точці, що розташована на віддалі 1 *м* від стіни, яка знаходиться якнайдалі від світлових отворів (вікон), на перетині вертикальної площини характерного розрізу приміщення з умовною робочою поверхнею (або поверхнею підлоги).

У виробничих та громадських будівлях іноді не вдається забезпечити достатнє за нормами природне освітлення. В такому випадку необхідно проектувати суміщене освітлення, що може бути спричинене: вибрані за умовами технології та організації виробництва або об`ємно-планувальні рішення будівель не дозволяють забезпечити достатнє за нормами природне освітлення приміщень; підвищеними вимогами стосовно якості та постійності освітлення на робочих місцях, які неможливо задовільнити лише при одному природному освітленні; за умовами вибору раціональних рішень громадських будівель та допоміжних приміщень промислових підприємств приміщення повинні мати велику глибину.

Відповідно до СНиП II-4-79 застосування суміщеного освітлення не допускається в жилих кімнатах та кухнях жилих будівель, приміщеннях для перебування дітей, навчальних та навчально-виробничих приміщеннях, школах та інших навчальних закладах.

При одночасному використанні природного та штучного освітлення до останнього пред'являються вимоги щодо кольоровості, інтенсивності та способів включення і регулювання.

3.3.2. ПРОЕКТУВАННЯ ПРИРОДНОГО ОСВІТЛЕННЯ

Проектування природного освітлення повинно починатись із визначення вихідних вимог до освітлення на основі детального вивчення технологічних, трудових чи інших функціональних процесів, що протікають у приміщеннях, а також кліматичних та світлокліматичних особливостей місця розташування будівлі. При цому повинні бути визначені наступні вихідні дані: характеристика зорової роботи; наявність спеціальних вимог до природного освітлення (напрямок світлового потоку на робочу поверхню, рівномірність освітлення приміщення, рівень вертикальної освітленості тощо); географічне місце розташування; орієнтація будівлі стосовно сторін світу; напруженість та тривалість сонячної радіації; кількість опадів протягом року; напрямок пануючих вітрів і т. д.

На основі вихідних даних вибирається система освітлення, тип світлових отворів, тип та кількість шарів світлопропускаючого заповнення, розряди (підрозряди) зорових робіт і нормовані значення КПО, загальний коефіцієнт світлопропускання світлових отворів, необхідні сонцезахисні пристрої.

В південних областях України (Одеська, Миколаївська, Херсонська) та на Кримському півострові, що характеризуються значними рівнями сонячної радіації протягом року, основною вимогою стосовно проектування природного освітлення є захист приміщення від світлової та теплової дії інсоляції. В зв'язку зі значною кількістю сонячних днів протягом року та високою інтенсивністю прямого сонячного світла світлові отвори в приміщеннях, розташованих в цих районах країни повинні не лише виконувати сонцезахисні функції, а й трансформувати пряме сонячне світло для природного освітлення приміщень. Приклади раціональних схем верхнього природного освітлення, що суміщають обидві вище згадані функції наведені на рис. 3.4.

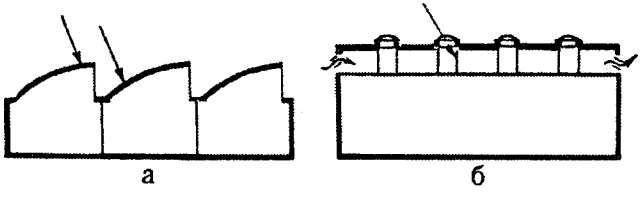


Рис. 3.4. Раціональні схеми верхнього природного освітлення для будівель південних районів:
а — будівля з ліхтарями типу "шед", зорієнтованими на північ; б — будівля з шахтними ліхтарями, шахти яких проходять через горище, що провітрюється

При боковому природному освітленні для забезпечення задовільного світлового та теплового режимів у будівлях, які розташовані в південних районах, як правило, використовують сонцезахисні пристрої (рис. 3.5) або скла. Обираючи сонцезахисний пристрій необхідно мати на увазі, що горизонтальним пристроям (рис. 3.5 а і б) надають перевагу при орієнтації вікон на південь. Вертикальні екрани (рис. 3.5 в) краще використовувати тоді, коли вікна зорієнтовані на захід чи схід (для захисту від низьких сонячних променів). Сонцезахисні пристрої у вигляді сот (рис. 3.5 г) варто використовувати при орієнтації вікон на південний захід чи південний схід, тобто тоді коли потрібний захист від високих і низьких променів Сонця.

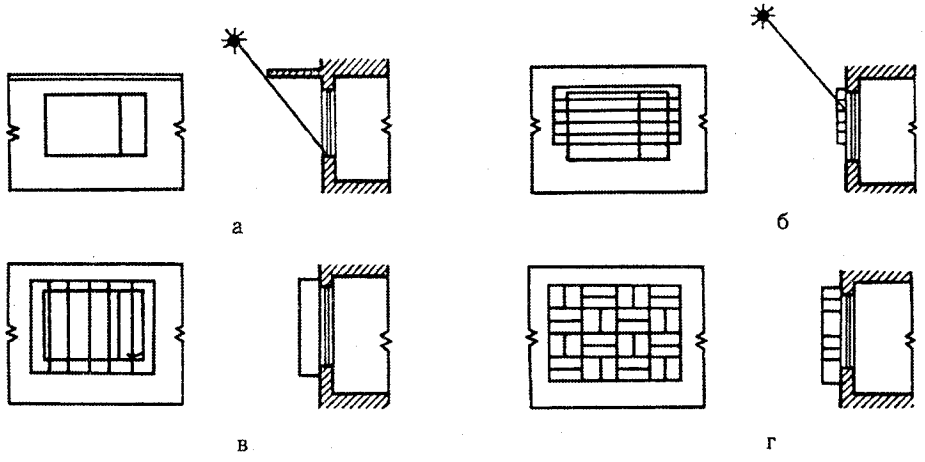


Рис. 3.5. Сонцезахисні пристрої:
а — горизонтальний козирок; б — горизонтальні жалюзі; в — вертикальні екрани; г — сотовидні екрани

Слід зазначити, що нині досить широко для захисту від прямої дії сонячних променів застосовують регульовані жалюзі (вертикальні та горизонтальні) і напівпрозорі штори (для розсіювання світла), які встановлюються на вікна з внутрішньої сторони будівлі.

Основним завданням при проектуванні природного освітлення виробничих приміщень є вибір типу та визначення розміщення і сумарної площі світлових отворів, при яких у приміщеннях забезпечується необхідний світловий режим.

Вибір системи природного освітлення визначається, в основному, призначенням та прийнятим об'ємно-планувальним рішенням будівлі, характеристиками технологічного процесу та зорової роботи, що виконуються в приміщенні, а також географічним розташуванням будівлі та особливостями клімату. Верхнє та комбіноване освітлення доцільно застосовувати в одно- та двоповерхових (для верхнього поверху) промислових підприємствах. Бокове природне освітлення, застосовується в багатоповерхових будівлях, а також в одноповерхових, у яких відношення глибини приміщення до висоти вікон над умовною робочою поверхнею не перевищує 8.

При виборі світлових отворів необхідно врахувати, що поряд з основною функцією — пропускати природне світло в приміщення, вони повинні виконувати і іншу — захищати приміщення від негоди, надмірних втрат теплоти в холодний період і перегріву літом; забезпечувати аерацію приміщення. Окрім того, світлові отвори в зовнішніх стінах (вікна) повинні забезпечити можливість огляду зовнішнього простору.

При облаштуванні бокового освітлення в крайніх прольотах промислових будівель, як правило, ширина вікон не повинна перевищувати 4,8 *м*, а висота підвіконника повинна становити не менше 1,4 *м*.

В приміщеннях, що мають значну глибину (більше 18 *м*) площу вікон необхідно вибирати виходячи з мінімального КПО при сумісному освітленні, а вікна у зовнішніх стінах слід розташовувати в два яруси, причому нижній ярус вікон проектується із умов забезпечення зорового зв'язку з навколишнім простором, а верхній ярус — освітлення віддалених від вікон зон приміщення.

3.3.3. РОЗРАХУНОК ПРИРОДНОГО ОСВІТЛЕННЯ

Освітленість робочої поверхні всередині приміщення створюється кількома складовими (рис. 3.6), що можна представити наступним рівнянням:

$$E_{вн} = E_з + E_в + E_б, \qquad (3.5)$$

де $E_з$ — освітленість, яка створюється дифузним світлом неба, що потрапляє через світловий отвір безпосередньо на робочу поверхню;

$E_в$ — освітленість, яка створюється за рахунок відбиття світла від стін, стелі, підлоги;

$E_б$ — освітленість, яка створюється за рахунок відбиття світла від будівлі, що стоїть навпроти вікна.

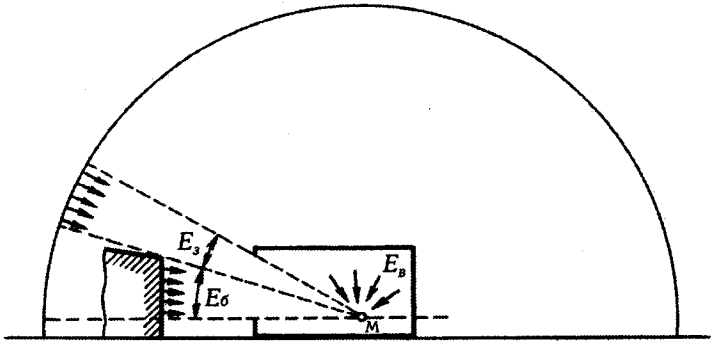


Рис. 3.6. Схема складових освітленості всередині приміщення

Якщо навпроти вікна немає будівлі, то $E_б = 0$, в той же час дерева, будівлі, що розташовані навпроти вікна з південної сторони, можуть його затіняти, зменшуючи тим самим загальну освітленість робочої поверхні.

При розрахунку природного освітлення необхідно враховувати всі три складові освітленості.

Попередній розрахунок природного освітлення полягає у визначенні площі світлових прорізів за формулами:

при односторонньому освітленні приміщення

$$100\frac{S_в}{S_п} = \frac{e_н K_з \eta_в K_{буд}}{\tau_з r_1}; \qquad (3.6)$$

при верхньому освітленні

$$100\frac{S_л}{S_п} = \frac{e_н K_з \eta_л}{\tau_з r_2 K_л}, \qquad (3.7)$$

де $S_в$ — площа вікон;

$S_п$ — площа підлоги;

$e_н$ — нормоване значення КПО;

$K_з$ — коефіцієнт запасу (для виробничих приміщень $K_з$= 1,3—1,5);

$\eta_в$ —світлова характеристика вікон (визначається за табл. 3.4);

$K_{буд}$ — коефіцієнт, що враховує затінення вікон будівлями, які розташовані навпроти (визначається за табл. 3.5);

$\tau_з$ — загальний коефіцієнт світлопропускання;

r_1 — коефіцієнт, що враховує підвищення КПО при боковому освітленні завдяки світлу, яке відбивається від поверхонь приміщення;

$S_л$ — площа ліхтарів;

$\eta_л$ — світлова характеристика ліхтарів (визначається за табл. СНиП II–4–79);

r_2 — коефіцієнт, що враховує підвищення КПО при верхньому освітленні завдяки світлу, яке відбивається від поверхонь приміщення (визначається за табл. СНиП II–4–79);

$K_л$ — коефіцієнт, що враховує тип ліхтаря (визначається за табл. СНиП II–4–79).

Таблиця 3.4

Значення світлової характеристики вікон ($\eta_в$) при боковому освітленні (рис. 3.7 а)

Відношення довжини приміщення (L) до його глибини (B)	Відношення глибини приміщення (B) до висоти від рівня робочої поверхні до верхнього краю вікна (h)							
	1	1.5	2	3	4	5	7.5	10
4 і більше	6,5	7	7,5	8	9	10	11	12,5
3	7,5	8	8,5	9,6	10	11	12,5	14
2	8,5	9	9,5	10,5	11,5	13	15	17
1,5	9,5	10,5	13	15	17	19	21	23
1	11	15	16	18	21	23	26,5	29
0,5	18	23	31	37	45	54	66	—

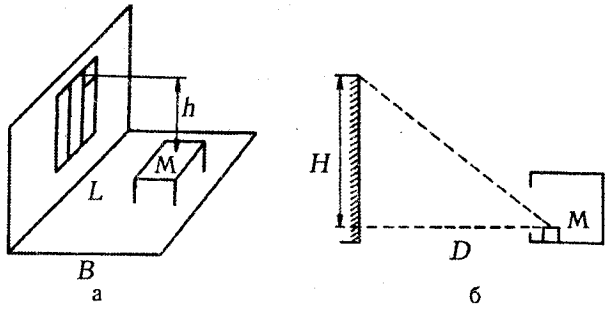


Рис. 3.7. Природне бокове освітлення приміщення:
а — світлова характеристика вікна; б — затінення вікна будівлею

Таблиця 3.5

Значення $K_{БУД}$ залежно від відношення відстані між протилежними будівлями D до висоти карнізу протилежного будинку над підвіконником H (рис. 3.7 б)

D/H	0,5	1	1,5	2	3 і більше
$K_{БУД}$	1,7	1,4	1,2	1,1	1,0

Загальний коефіцієнт світлопропускання визначається за формулою:

$$\tau_3 = \tau_1\tau_2\tau_3\tau_4\tau_5, \qquad (3.8)$$

де τ_1 — коефіцієнт світлопропускання матеріалу (визначається за табл. 3.6);

τ_2 — коефіцієнт, що враховує втрати світла у віконній рамі (визначається за табл. 3.6);

τ_3 — коефіцієнт, що враховує втрати світла у несучих конструкціях (при боковому освітленні τ_3=1; при верхньому — τ_3=0,8—0,9);

τ_4 — коефіцієнт, що враховує втрати світла у сонцезахисних пристроях (визначається за табл. 3.6);

τ_5 — коефіцієнт, що враховує втрати світла у захисній сітці, яка встановлюється під ліхтарями (приймається рівним 0,9).

Значення коефіцієнта r_1 визначається за табл. 3.7 залежно від параметрів приміщення та середнього коефіцієнта відбиття $\rho_{СР}$ стелі, стін, підлоги, який визначається за формулою:

$$\rho_{СР} = \frac{\rho_{стелі}S_{стелі} + \rho_{стін}S_{стін} + \rho_{підлоги}S_{підлоги}}{S_{стелі} + S_{стін} + S_{підлоги}}, \qquad (3.9)$$

де $\rho_{стелі}$, $\rho_{стін}$, $\rho_{підлоги}$ — відповідні коефіцієнти відбиття;
$S_{стелі}$, $S_{стін}$, $S_{підлоги}$ — відповідні площі поверхонь.

Визначені за допомогою розрахунку розміри світлових прорізів допускається змінювати на (+5), (−10)%.

Таблиця 3.6

Значення коефіцієнтів τ_1, τ_2, τ_4

Вид світлопропускаючого матеріалу	Значення τ_1	Вид віконної рами	Значення τ_2	Сонцезахисні пристрої	Значення τ_4
Скло віконне листове:		Віконні рами для		Регульовані жалюзі	
одинарне	0,9	промислових		та штори (внутрішні,	
подвійне	0,8	будівель:		зовнішні)	1
потрійне	0,75	а) дерев'яні:		Стаціонарні жалюзі	
Скло листове:		одинарні	0,75	та екрани з за-	
армоване	0,6	спарені	0,7	хисним кутом не	
з візерунком	0,65	подвійні окремі	0,6	більше 45°:	
сонцезахисне	0,65	б) металеві:		— горизонтальні	0,65
контрасне	0,75	одинарні		— вертикальні	0,75
Органічне скло:		(відкриваються)	0,75	Горизонтальні	
прозоре	0,9	одинарні (глухі)	0,9	козирки:	
молочне	0,6	подвійні		— з захисним кутом	
Пустотілі скляні блоки:		(відкриваються)	0,6	не більше 30°	0,8
світлорозсіюючі	0,5	подвійні (глухі)	0,8	— з захисним кутом	
прозорі	0,55			від 15 до 45°	
Склопакети	0,8			(багатоступеневі)	0,6—0,9

Таблиця 3.7

Значення коефіцієнта r_1

B/h	l/B	Значення r_1 при боковому освітленні									Значення r_1 при боковому двосторонньому освітленні								
		Середній коефіцієнт відбиття $\rho_{ср}$ стелі, стін і підлоги																	
		0,5			0,4			0,3			0,5			0,4			0,3		
		Відношення довжини приміщення L до його глибини B																	
		0,5	1	2 і більше	0,5	1	2 і більше	0,5	1	2 і більше	0,5	1	2 і більше	0,5	1	2 і більше	0,5	1	2 і більше
Від 1 до 1,5	0,1	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1	1,05	1	1	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1	1,05	1	1
	0,5	1,4	1,3	1,2	1,2	1,15	1,1	1,2	1,1	1,1	1,35	1,25	1,15	1,15	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1
	1,0	2,1	1,9	1,5	1,8	1,6	1,3	1,4	1,3	1,2	1,6	1,4	1,25	1,45	1,3	1,15	1,25	1,15	1,1
Більше 1,5 до 2,5	0,1	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1	1	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1	1
	0,3	1,3	1,2	1,1	1,2	1,15	1,1	1,15	1,1	1,05	1,3	1,2	1,1	1,2	1,15	1,1	1,15	1,1	1,05
	0,5	1,85	1,6	1,3	1,5	1,35	1,2	1,3	1,2	1,1	1,8	1,45	1,25	1,4	1,25	1,15	1,25	1,15	1,1
	0,7	2,25	2	1,7	1,7	1,6	1,3	1,55	1,35	1,2	2,1	1,75	1,5	1,75	1,45	1,2	1,3	1,25	1,2
	1,0	3,8	3,3	2,4	2,8	2,4	1,8	2	1,8	1,5	2,35	2	1,6	1,9	1,6	1,5	1,5	1,35	1,2
Більше 2,5 до 3,5	0,1	1,1	1,05	1,05	1,05	1	1	1	1	1	1,1	1,05	1,05	1,05	1	1	1	1	1
	0,3	1,2	1,15	1,1	1,15	1,1	1,1	1,1	1,1	1,05	1,2	1,15	1,1	1,15	1,1	1,1	1,1	1,1	1,05
	0,5	1,6	1,45	1,3	1,35	1,25	1,2	1,25	1,15	1,1	1,5	1,4	1,25	1,3	1,2	1,15	1,2	1,1	1,1
	0,7	2,6	2,2	1,7	1,9	1,7	1,4	1,6	1,5	1,3	2,25	1,9	1,45	1,7	1,5	1,25	1,5	1,4	1,2
	0,9	5,3	4,2	3	2,9	2,45	1,9	2,2	1,85	1,5	3,65	2,9	2,6	2,2	1,9	1,5	1,8	1,6	1,3
	1,0	7,2	5,4	4,3	3,6	3,1	2,4	2,6	2,2	1,7	4,45	3,35	2,65	2,4	2,1	1,6	2	1,7	1,4
Більше 3,5	0,1	1,2	1,15	1,1	1,1	1,1	1,05	1,05	1,05	1	1,2	1,15	1,1	1,1	1,1	1,05	1,05	1,05	1
	0,2	1,4	1,3	1,2	1,2	1,15	1,1	1,1	1,05	1,05	1,4	1,3	1,2	1,2	1,15	1,1	1,1	1,05	1,05
	0,3	1,75	1,5	1,3	1,4	1,3	1,2	1,25	1,2	1,1	1,75	1,5	1,3	1,4	1,3	1,2	1,25	1,2	1,1
	0,4	2,4	2,1	1,8	1,6	1,4	1,3	1,4	1,3	1,2	2,35	2	1,75	1,6	1,4	1,3	1,35	1,25	1,15
	0,5	3,4	2,9	2,5	2	1,8	1,5	1,7	1,5	1,3	3,25	2,8	2,4	1,9	1,7	1,45	1,65	1,5	1,3
	0,6	4,6	3,8	3,1	2,4	2,1	1,8	2	1,8	1,5	4,2	3,5	2,85	2,25	2	1,7	1,95	1,7	1,4
	0,7	6	4,7	3,7	2,9	2,6	2,1	2,3	2	1,7	5,1	4	3,2	2,55	2,3	1,85	2,1	1,8	1,5
	0,8	7,4	5,8	4,7	3,4	2,9	2,4	2,6	2,3	1,9	5,8	4,5	3,6	2,8	2,4	1,95	2,25	2	1,6
	0,9	9	7,1	5,6	4,3	3,6	3	3	2,6	2,1	6,2	4,9	3,9	3,4	2,8	2,3	2,45	2,1	1,7
	1,0	10	7,3	5,7	5	4,1	3,5	3,5	3	2,5	6,3	5	4	3,5	2,9	2,4	2,6	2,25	1,9

Примітка: B — глибина приміщення; h— висота від рівня умовної робочої поверхні до верхнього краю вікна; l — відстань розрахункової точки до зовнішньої стіни.

Таблиця 3.8

Орієнтовні значення коефіцієнтів відбиття ρ поверхонь інтер`єру приміщення

Поверхні інтер`єру приміщення	Коеф. відбиття (ρ), %	Поверхні інтер`єру приміщення	Коеф. відбиття (ρ), %
Стеля	80—60	Нижня частина стіни (панель)	
Залізобетонні ферми та балки перекриття	70—45	та перегородки	60—40
Металоконструкції	55—40	Підлога	40—10
Верхня частина стіни	70—50	Технологічне устаткування	55—25

Таблиця 3.9

Орієнтовні значення коефіцієнтів відбиття стелі ($\rho_{стелі}$) та стін ($\rho_{стін}$)

Стан стелі	$\rho_{стелі}$, %	Стан стін	$\rho_{стін}$, %
Свіжопобілена	80—65	Свіжопобілені з вікнами, закритими білими	
Побілена в сирих приміщеннях	65—40	шторами	75—65
Бетонна чиста	55—45	Свіжопобілені з вікнами	
Бетонна брудна	35—25	без штор	55—45
Світла дерев`яна		Бетонні з вікнами	35—25
(полакована)	60—45	Обклеєні світлими	
Темна дерев`яна		шпалерами	40—25
(нефарбована)	30—25	Обклеєні темними	
Брудна (кузні,		шпалерами	15—5
склади вугілля)	20—10	Цегляні нештукатурені	15—10

Таблиця 3.10

Коефіцієнти відбиття ρ поверхонь з різним кольоровим пофарбуванням

Колір пофарбованої поверхні	Коеф. відбиття ρ, %	Колір пофарбованої поверхні	Коеф. відбиття ρ, %
Біла палітура	85	Світло-сіра	53
Біла напівматова	82	Сіра алюмінієва	42
Біла слонова кістка	79	Зелена (колір шавлії)	41
Кремово-біла	72	Бежева	38
Світло-рожева	69	Коричнева	23
Світло-жовта	60	Оливково-зелена	20
Світло-червона	56	Темно-коричнева	15
Блакитна	53	Темно-зелена	10
		Темно-синя	4

Приклад 3.1. Розрахувати бокове одностороннє природнє освітлення для виробничої дільниці (крила будівлі) з розмірами LxB = 108x9 *м* і висотою H = 3,2 *м*; висота робочої поверхні h_p= 0,7 *м*. Будівля знаходиться в місті Києві (IV світловий пояс) і навпроти вікон дільниці, що зорієнтовані на захід, немає затіняючих об'єктів. У виробничій діяльності виконуються роботи середньої точності.

Необхідна площа вікон визначається за формулою:

$$S_B = \frac{e_H K_3 \eta_B S_П}{\tau_3 r_1 100}.$$

Визначимо спочатку необхідні для розрахунку значення.

Нормоване значення КПО знайдемо, скориставшись табл. 3.1 та 3.3:

$$e_H = e_H^{III} mC = 1,5 \cdot 0,9 \cdot 0,8 = 1,1\,\%.$$

Приймаємо коефіцієнт запасу K_3=1,3. Значення світлової характеристики вікон η_B визначається відношеннями L/B = 108/9 = 12 та B/h = 9/2,1 = 4,3 (рис. 3.7 а). За табл. 3.4 знаходимо η_B = 9. Площа підлоги виробничої дільниці становить $S_П$ = 972 *м*^{2}. Оскільки вікна не мають світлозахисних пристроїв і виготовлені з подвійних дерев'яних рам, в яких вставлено віконне листове скло, то за знайденими в табл. 3.6 значеннями визначаємо загальний коефіцієнт світлопропускання вікон:

$$\tau_3 = \tau_1\tau_2\tau_3\tau_4\tau_5 = 0,8 \cdot 0,6 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 = 0,48.$$

Визначаємо середній коефіцієнт відбиття приміщення:

$$\rho_{CP} = \frac{\rho_{стелі}S_{стелі} + \rho_{стін}S_{стін} + \rho_{підлоги}S_{підлоги}}{S_{стелі} + S_{стін} + S_{підлоги}} = \frac{0,7 \cdot 972 + 0,5 \cdot 403 + 0,1 \cdot 972}{972 + 403 + 972} = 0,42.$$

Порахувавши значення параметрів, що характеризують приміщення B/h = 9/2,1 = 4,3; l/B = 6/9 = 0,66; L/B = 108/9 = 12, за табл. 3.7 визначаємо коефіцієнт r_1 = 2,1.

Підставивши попередньо знайдені значення визначаємо необхідну площу вікон виробничої дільниці:

$$S_B = \frac{1,1 \cdot 1,3 \cdot 9 \cdot 972}{0,48 \cdot 2,1 \cdot 100} = 124\ м^2.$$

Вибираємо стандартні вікна з розміром 1,5x1,7 *м*, тоді площа одного вікна становитиме S_B^1 = 2,55 *м*^{2}.

Визначимо необхідну кількість вікон:

$$n = \frac{S_B}{S_B^1} = \frac{124}{2,55} = 48,6.$$

Приймаємо 49 вікон. Розташування останніх показано на рис. 3.8.

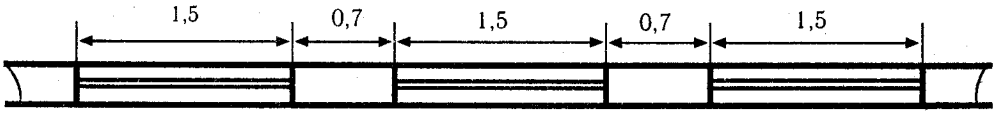


Рис. 3.8. Розташування вікон (до прикладу 3.1)

3.4. ШТУЧНЕ ОСВІТЛЕННЯ

Штучне освітлення передбачається у всіх виробничих та побутових приміщеннях для компенсації нестачі природного світла та для освітлення приміщень у темний період доби. Від того, наскільки кваліфіковано воно спроектоване залежить безпека праці та самопочуття працівників, продуктивність їхньої праці та якість продукції. Відомо, що раціонально виконане штучне освітлення приміщень при одній і тій же витраті електроенергії підвищує продуктивність праці на 15—20%. Разом з тим неправильно вибране та недостатнє освітлення робочих місць може бути причиною функціональних зорових порушень у працівників.

3.4.1. НОРМУВАННЯ ШТУЧНОГО ОСВІТЛЕННЯ

Величина освітленості (абсолютне її значення) нормується залежно від характеристики зорової роботи, тобто найменшого лінійного розміру об'єкта розпізнавання, контрасту між об'єктом розпізнавання і фоном, типу системи освітлення і джерел світла. Норми освітленості при використанні люмінесцентних ламп для загального та комбінованого штучного освітлення наведені в табл. 3.1.

При використанні ламп розжарювання норми освітленості слід знижувати на певну кількість ступенів за шкалою освітленості: 0,2; 0,3; 0,5; 1; 2; 3; 5; 7; 10; 20; 30; 50; 75; 100; 150; 200; 300; 400; 500; 600; 750; 1000; 1250; 1500; 2000; 2500; 3000; 3500; 4000; 5000:

— на один ступінь в системі комбінованого освітлення, якщо нормована освітленість складає 750 *лк* і більше;

— на один ступінь в системі загального освітлення для розрядів I—V, VII, при цьому освітленість від ламп розжарювання має не перевищувати 300 *лк*;

— на два ступеня в системі комбінованого освітлення для розрядів VI і VIII.

Освітленість робочої поверхні, що створюється світильниками загального освітлення в системі комбінованого, має складати 10% від нормованої для комбінованого освітлення при тих джерелах світла, які застосовуються для місцевого освітлення, при цьому слід приймати наступні найбільші і найменші значення освітленості: для газорозрядних ламп — 500 *лк* та 150 *лк*, для ламп розжарювання — 100 *лк* та 50 *лк*.

У виробничих приміщеннях, в яких виконуються роботи I—Y розрядів, освітленість проходів та ділянок, де не проводяться роботи, має становити не менше 25% від освітленості, що створюється світильниками загального освітлення на робочих місцях,

але не менше 75 *лк* при газорозрядних лампах та не менше 30 *лк* при лампах розжарювання.

При аварійному режимі найменша освітленість робочих поверхонь виробничих приміщень та території підприємств, які вимагають обслуговування, має становити 5% від освітленості, що нормується для робочого освітлення в системі загального освітлення, але не менше 2 *лк* всередині будівель і не менше 1 *лк* для території підприємств.

Евакуаційне освітлення має забезпечувати найменшу освітленість на підлозі основних проходів (чи на землі) та на сходинках сходів: в приміщеннях — 0,5 *лк*, на відкритих територіях 0,2 *лк*.

Охоронне освітлення має забезпечувати освітленість 0,5 *лк* на рівні землі в горизонтальній площині чи на рівні 0,5 *м* від землі на одній стороні вертикальної площини, перпендикулярної до лінії границі (межі).

Поряд з величиною освітленості нормуванню підлягають параметри якості освітлення, які значною мірою впливають на зорову працездатність людини.

Загальне освітлення (незалежно від системи освітлення) повинно відповідати встановленим нормам стосовно нерівномірності освітлення в зоні розміщення робочих місць. Відповідно до вимог СНиП II-4-79 відношення максимальної освітленості до мінімальної допускається не більше: для робіт I—III розрядів при люмінесцентних лампах — 1,5, при інших джерелах світла — 2; для робіт IV—VII розрядів — відповідно 1,8 та 3.

Показник осліпленості для світильників загального освітлення в приміщеннях (незалежно від системи освітлення) має не перевищувати значень, вказаних в табл. 3.11.

Таблиця 3.11

Допустимі максимальні значення показника осліпленості

Розряд зорових робіт	Показник осліпленості	
	при постійному перебуванні людей в приміщенні	при періодичному перебуванні людей в приміщенні
I, II	20	—
III, IV, V,VII	40	60
VI,VIII a	60	80

Показник осліпленості не обмежується:

— для приміщень, довжина яких не перевищує подвійної висоти встановлення світильників над підлогою;

— для приміщень висотою не більше 2,5 *м* при виконанні робіт VI і VIIIa розрядів (при тимчасовому перебуванні людей незалежно від розрядів робіт), а також для майданчиків, призначених для проходження людей чи обслуговування обладнання.

Якщо в даному приміщенні виконуються роботи, для яких нормуються різні показники осліпленості, то для всього приміщення слід прийняти показник осліпленості, що відповідає найбільш точним роботам. Якщо точними роботами зайнято менше 25% площі приміщення, то можливо вибрати довільно показник осліпленості в межах допустимого.

Коефіцієнт пульсації освітленості при освітленні приміщень газорозрядними лампами, що живляться змінним струмом частотою 50 *Гц*, не повинен перевищувати значення, приведені в табл. 3.12.

Таблиця 3.12

Допустимі максимальні значення коефіцієнта пульсації освітленості, %

Система освітлення	Коефіцієнт пульсації освітленості при розрядах зорової роботи		
	I, II	III	IV—VIII а
Загальне освітлення	10	15	20
Комбіноване освітлення:			
загальне	20	20	20
місцеве	10	15	20

При живленні газорозрядних ламп змінним струмом з частотою 400 *Гц* і вище виконання вимог табл. 3.12 не обов`язкове.

3.4.2. ПРОЕКТУВАННЯ СИСТЕМ ШТУЧНОГО ОСВІТЛЕННЯ

При проектуванні штучного освітлення необхідно вирішити наступне: вибрати систему освітлення, тип джерела світла, тип світильників, визначити розташування світлових приладів, виконати розрахунки штучного освітлення та визначити потужності світильників та ламп.

Вибір системи освітлення, в основному, визначається точністю виконуваних зорових робіт та особливостями виробничого обладнання. У виробничих приміщеннях при виконанні робіт I—IV розрядів використовується, як правило, комбінована система, освітлення, оскільки досягнення необхідної освітленості при загальній системі освітлення вимагає значних витрат електричної енергії і є недоцільним. З цієї ж точки зору слід надавати перевагу локалізованому загальному освітленню, в тому числі і в системі комбінованого, витримуючи при цьому допустимі норми нерівномірності освітлення (СНиП II-4-79). Система загального освітлення передбачається при технічній неможливості або недоцільності влаштування місцевого освітлення. В адміністративних та санітарно-побутових приміщеннях використовується система загального рівномірного освітлення, яка дає можливість більш рівномірно розподілити світлову енергію. Використання одного лише місцевого освітлення без загального не допускається.

У виробничих та допоміжних приміщеннях, які мають технологічне чи санітарно-технічне обладнання або виробничі ємкості, для ремонту чи огляду яких недостатньо

загального або стаціонарного місцевого освітлення, слід передбачати переносне освітлення.

Вибір джерела світла. Як джерела штучного світла для виробничих приміщень, як правило, використовуються газорозрядні лампи низького (люмінесцентні), а також високого тиску (дугові ртутні, металогалогенні, натрієві, ксенонові). У випадку неможливості або техніко-економічної недоцільності застосування газорозрядних джерел світла використовуються лампи розжарювання, зокрема для освітлення приміщень з тимчасовим перебуванням людей, у вибухонебезпечних приміщеннях і т. ін.

Найчастіше для освітлення виробничих та адміністративних приміщень використовують люмінесцентні лампи, які енергетично є більш економічніші. Окрім того, вони за спектральними характеристиками максимально наближаються до природного світла, що важливо при використанні суміщеного освітлення. Якщо немає застережень стосовно спектрального складу випромінюваного світла, то найдоцільніше, з економічної точки зору застосовувати люмінесцентні лампи типу ЛБ, які мають найвищу світловіддачу.

Як джерела світла для загального освітлення виробничих приміщень зі значною висотою (механічні, механо-складальні, механо-ремонтні цехи тощо), як правило, використовуються газорозрядні лампи високого тиску типу ДРЛ (дугові ртутні), які характеризуються високою світловою віддачею при компактності джерела світла.

Застосування ксенонових ламп для освітлення всередині приміщень допускається, як виключення, тільки за узгодженням з Міністерством охорони здоров`я України.

Для місцевого освітлення робочих місць використовують люмінесцентні лампи або лампи розжарювання. Тип ламп для загального освітлення в системі комбінованого обирається незалежно від типу джерел світла місцевого освітлення.

Для аварійного та евакуаційного освітлення застосовуються лампи розжарювання та люмінесцентні лампи (в приміщеннях з мінімальною температурою повітря не нижче +5 ^{0}С та за умови живлення ламп у всіх режимах змінним струмом напругою не менше 90% від номінальної). Не допускається застосовувати для аварійного та евакуаційного освітлення ксенонові, металогалогенні, натрієві лампи, а також лампи типу ДРЛ.

Вибір світильників та їх розміщення. Вибір світильника є одним із основних питань проектування штучного освітлення, від правильного вирішення якого залежать не лише якість та економічність, але й надійність та безпека роботи освітлювальної установки.

Вибір світильників проводиться з урахуванням певних вимог: світлотехнічних, пов`язаних з умовами середовища в приміщенні, економічних, естетичних і т. ін.

Світлотехнічні характеристики світильників визначаються, в основному, двома параметрами: відношенням потоку, що випромінюється світильником в нижню півсферу, до повного світлового потоку світильника $\left(\theta = \Phi_{н.п.}/\Phi_{св}\right)$ та коефіцієнтом форми кривої сили світла.

За першим параметром (згідно з ГОСТ 17677-82) всі світильники поділяються на п'ять класів: П — прямого світла (θ>80%); Н — переважно прямого світла (60%<θ≤80%); Р — розсіяного світла (40%<θ≤60%); В — переважно відбитого світла (20%<θ≤40%) та О — відбитого світла (θ≤20%).

Криві сили світла (КСС) світильників за своєю формою поділяються на сім типів: концентрована (К), глибока (Г), косинусна (Д), півширока (Л), широка (Ш), рівномірна (М), синусна (С).

Типові криві сили світла у відносних одиницях приведені на рис. 3.9.

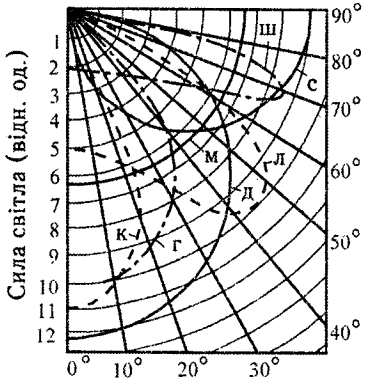


Рис. 3.9. Типові криві сили світла

Для освітлення приміщень, стіни та стеля яких мають невисокі відбиваючі властивості доцільно застосовувати світильники прямого світла, (наприклад, ЛСП02, ЛСП13, ЛВП06), які, направляючи випромінювання ламп вниз на робочі поверхні, гарантують мінімальні втрати і найкраще використання світлового потоку. Однак слід мати на увазі, що світильники цього класу створюють різкі падаючі тіні від сторонніх предметів, що необхідно враховувати при їх розташуванні.

При освітленні виробничих приміщень, стіни та стеля яких мають високі відбиваючі властивості, доцільно використовувати світильники переважно прямого світла (наприклад, ЛСП06, ЛСП22, ПВЛМ — ДО). Деяке зменшення долі світлового потоку, що безпосередньо випромінюється у нижню півсферу, компенсується покращенням якості освітлення і в той же час моло впливає на енергетичну ефективність освітлювальної установки, оскільки такі світильники мають більш високий ККД в порівнянні з аналогічними світильниками прямого світла.

В адміністративно-конторських приміщеннях доцільно використовувати світильники розсіяного світла (наприклад, ЛСО05, ЛПО26М, ЛСО02), значна частина світлового потоку яких направляється на стіни і стелю і, відбиваючись від них, сприяє усуненню різких тіней, що за характером роботи бажано саме для таких приміщень.

В приміщеннях, де відношення висоти до площі досить велике, доцільно застосовувати світильники з концентрованою чи глибокою кривою сили світла (КСС), які направляють основну частину світлового потоку безпосередньо на робочі поверхні.

В приміщеннях з великою площею та незначною висотою бажано застосувати світильники з широкою формою КСС, що дозволяє навіть при значних відстанях між світильниками забезпечити рівномірний розподіл освітленості на робочих площинах.

При загальному рівномірному освітленні для визначення найраціональнішого світильника в залежності від його КСС можна використовувати відношення відстані L між сусідніми світильниками (або рядами) до висоти h їхнього розташування над робочими поверхнями (табл. 3.13).

Таблиця 3.13.

Рекомендовані та допустимі значення L/h для світильників з різними КСС

Тип КСС світильника (ГОСТ 13828-74)	L/h	
	Рекомендовані значення	Найбільші допустимі значення
Концентрована (К)	0,4—0,7	0,9
Глибока (Г)	0,8—1,2	1,4
Косинусна (Д)	1,2—1,6	2,1
Рівномірна (М)	1,8—2,6	3,4
Напівширока (Л)	1,4—2,0	2,3

Невідповідність світлотехнічних характеристик світильника розмірам та характеру обробки освітлюваного приміщення викликає зростання установленої потужності, зниження якості освітлення. В свою чергу, невідповідність конструктивного виконання світильника умовам середовища в приміщенні (агресивне, вологе, запилене пожежо-, вибухонебезпечне) знижує довговічність і надійність роботи освітлювальної установки, а в окремих випадках може спричинити пожежу чи вибух. Тому світильники повинні бути з необхідним ступенем захисту від умов зовнішнього середовища в місцях встановлення. Особливо жорсткі вимоги щодо цього стосуються світильників, які встановлюються у вибухо- та пожежонебезпечних приміщеннях.

Відповідно до ГОСТ 14254−80 ступінь захисту електрообладнання, в тому числі і світильників, позначається двома літерами латинського алфавіту "IP" (International Protektion — міжнародний захист) і двома цифрами після них. Перша цифра визначає ступінь захисту виробу від попадання всередину твердих тіл різних розмірів, зокрема пилу (табл. 3.14). Друга цифра визначає ступінь захисту виробу від попадання води (табл. 3.15).

Крім того, для світильників, згідно з ГОСТ 17677-82 застосовуються додаткові позначення ступеня захисту від пилу без літер IP, що складаються лише з двох цифр. Перша цифра зі знаком штрих може бути $2'$, $5'$ або $6'$. Вони визначають характеристику світильників для ступенів захисту відповідно 2, 5, 6, табл. 3.14, але при цьому мають деякі особливості:

$2'$ — з неущільненою світлопропускаючою оболонкою (захисне скло);

$5'$ — з захистом від пилу, але тільки струмопровідних частин;

$6'$ — частково пилонепроникний.

Таблиця 3.14

Ступінь захисту електровиробу, що визначається першою цифрою позначення

Перша цифра	Короткий опис
0	Захист відсутній
1	Захист від твердих тіл розміром понад 50 *мм*
2	Захист від твердих тіл розміром понад 12 *мм*
3	Захист від твердих тіл розміром понад 2,5 *мм*
4	Захист від твердих тіл розміром понад 1 *мм*
5	Захист від пилу
6	Пилонепроникність

Таблиця 3.15

Ступінь захисту електровиробу, що визначається другою цифрою позначення

Друга цифра	Короткий опис
0	Захист відсутній
1	Захист від краплин води
2	Захист від краплин води при нахилі до 15^0
3	Захист від дощу
4	Захист від бризок
5	Захист від водяних струменів
6	Захист від хвиль води
7	Захист від занурення у воду
8	Захист при тривалому зануренні у воду

Ступінь захисту світильників від умов оточуючого середовища тим вищий, чим більше цифрове позначення, що його визначає. Мінімально допустимі ступені захисту світильників для приміщень з різними умовами середовища наведені в табл. 3.16 та 3.17.

Знак *X* у ступенях захисту (табл. 3.17) вказує, що ступінь захисту світильника від води визначається в залежності від умов середовища у приміщені, в якому він встановлюється. У табл. 3.16 та 3.17 враховані загальноприйняті тенденції щодо визначення ступеня захисту світильника. Однак необхідно пам'ятати, що немає правил без винятків, тому кінцевий варіант слід приймати з урахуванням усіх реальних обставин. Слід також врахувати, що завищувати ступінь захисту світильників недоцільно, оскільки при цьому, як правило, зростає його вартість та погіршуються якісні показники освітлення.

В приміщеннях з нормальними умовами середовища (сухі опалювані приміщення), не пред'являється спеціальних вимог, тому рекомендується застосовувати світильники відкритого чи захищеного виконання. Світильники, що встановлюються у вологих та сирих приміщеннях можуть бути будь-якого виконання, однак патрон повинен мати корпус з ізоляційних вологостійких матеріалів.

Таблиця 3.16

Мінімально допустимі ступені захисту світильників у приміщеннях, де немає вибухо- та пожежонебезпеки

Тип джерела світла	Характеристика середовища в приміщенні						
	Н	В[1]	С[2]	ОС[2]	Х[2,3]	З[4, 5]	Ж
ЛЛ	IP20 2`0	IP23	IP54 5`4	IP54 5`4	IP54 5`4	IP54 5`3	IP20[7]
ЛР	IP20	2`3	IP54[6]	IP54	IP54	IP51 5`3	IP20

Примітки: [1] Допускається використання світильників зі ступенем захисту IP20.

[2] Краще використовувати світильники з корпусами і відбивачами з вологостійкої пластмаси, фарфору, покриті силікатною емаллю.

[3] Рекомендуються світильники спеціально призначені для хімічно активного середовища.

[4] Недоцільно використовувати світильники з екрануючими решітками, сітками тощо, що сприяють запиленню.

[5] При обмеженій кількості пилу в зоні установки допускається використання світильників зі ступенем захисту IP20.

[6] Допускається використання світильників зі ступенем захисту IP20 при відсутності краплин води, що падають на світильник, і при наявності фарфорового патрона.

[7] Рекомендується використовувати амальгамні люмінесцентні лампи.

Позначення типу джерела світла: ЛЛ — люмінесцентні лампи; ЛР — лампи розжарювання.

Позначення середовища в приміщенні: Н — нормальне; В — вологе; С — сире (вогке); ОС — особливо сире; Х — хімічно активне; З — запилене; Ж — жарке.

Таблиця 3.17

Допустимі ступені захисту та рівні вибухозахисту світильників для пожежо- і вибухонебезпечних приміщень (зон)

Тип джерела світла	Ступінь захисту світильника			Рівень вибухозахисту (ступінь захисту світильника)		
	П-I П-II	П-IIа	П-III	В-I	В-Iа В-Iг В-II	В-Iб В-IIа
ЛЛ	5`X	IP2X[1]	IP2X[1]	Вибухо-непроникні	Підвищеної надійності проти вибуху	Без засобів вибухозахисту (IP5X)
ЛР	IP5X	2`X[2]	2`X			

Примітки: [1] Вхід у світильник виконаний провідниками з негорючою оболонкою або в стальній трубі.

[2] Наявність суцільного ковпака із силікатного скла.

В особливо сирих приміщеннях світильники повинні мати захист від бризок, а іноді й водяних струменів. При цьому корпус світильника та патрон повинні бути

виконані з вологостійких матеріалів, а спосіб введення проводів повинен виключати можливість їх замикання між собою або з`єднання з металевими частинами.

В приміщеннях з хімічноактивним середовищем до світильників висуваються ті ж самі вимоги, але при цьому конструктивні елементи світильника та ізоляція проводів для його живлення не повинні змінювати своїх властивостей під впливом оточуючого середовища, тобто повині вибиратись з урахуванням їх стійкості до хімічних речовин, що виділяються в приміщенні.

В жарких приміщеннях всі конструктивні елементи світильників та ізоляція проводів повинні мати необхідну теплостійкість.

В запилених приміщеннях, якщо пил не є легкозаймистим і не утворює з повітрям вибухонебезпечних концентрацій застосовують світильники відкритого і перекритого, пилозахищеного чи пилонепроникного виконання.

Відкриті світильники, як більш дешеві і з більшим ККД доцільно застосовувати в тих випадках, якщо пил локалізується в основному в нижній частині приміщення, не має властивостей пригорати до нагрітих частин світильника і не проводить електричний струм.

В пожежонебезпечних приміщеннях залежно від ступеня пожежонебезпеки, кількості, розміру та властивостей пилу можуть встановлюватись світильники різноманітного виконання. В пожежонебезпечних приміщеннях, в яких використовуються чи зберігаються горючі рідини з температурою спалаху парів вище 45 ^{0}С (категорія П-I), виділяються волокна чи пил, що утворюють з повітрям легкозаймисті (але не вибухонебезпечні) суміші (категорія П-II), дозволяється застосування світильників у повністю пилозахищеному чи повністю пилонепроникному виконанні.

В пожежонебезпечних приміщеннях, в яких знаходяться тверді чи волокнисті матеріали (дерево, тканини, папір), але виключається можливість утворення вибухонебезпечних сумішей (категорія П-IIа), допускається будь-яке виконання світильників.

Особливі вимоги висуваються до світильників, що встановлюються у вибухонебезпечних приміщеннях. Залежно від ступеня вибухонебезпеки приміщення допускається застосування світильників у вибухонепроникному та вибухобезпечному виконанні, а також підвищеної надійності проти вибуху.

У вибухонебезпечних приміщеннях, в яких при нормальній експлуатації можливе виділення горючих газів чи парів, що утворюють з повітрям вибухонебезпечні суміші (категорія В-I), встановлюються світильники тільки у вибухонепроникному виконанні. У вибухонебезпечних приміщеннях, в яких можливе утворення вибухонебезпечних концентрацій лише в аварійних режимах (категорія В-Iа), або в яких при нормальній експлуатації можливе виділення горючого пилу чи волокон, що здатні утворювати з повітрям вибухонебезпечні суміші (категорія В-II), допускається застосування світильників підвищеної надійності проти вибуху.

В таблицях 3.18 та 3.19 наведені дані, що допоможуть правильно вибрати тип світильника з лампами розжарювання чи люмінесцентними лампами залежно від умов оточуючого середовища. Вибір марки проводу та кабеля для підведення живлення до світильника та типу проводки залежно від умов оточуючого середовища здійснюється за таблицями 3.20 та 3.21.

Таблиця 3.18

Вибір світильників з лампами розжарювання залежно від умов оточуючого середовища

Характеристика середовища в приміщенні	Допустимі типи світильників	Характеристика конструкції світильника
Нормальне	Всі типи	—
Вологе і сире	У, $У_м$, $Г_э$, $Л_щ$, $Ф_м$, $Ш_м$, $П_у$	Корпус патрона лампи повинен бути виготовлений з ізоляційних вологостійких матеріалів.
Особливо сире	$Л_ц$, У, $У_м$, $Г_з$, $Г_э$, СПО, $Ф_м$	В особливо сирих приміщеннях та приміщеннях з хімічноактивним середовищем всі частини світильника, доступні впливу оточуючого середовища повинні бути захищені відповідними покриттями.
Хімічноактивне	$Л_щ$, $Ф_м$, $Г_э$, СХ, НОБ, спеціальні для приміщень з хімічноактивним середовищем	
Запилене	А, У, $У_м$, $У_п$, $Г_э$,$Г_г$, ПУ, ПГТ, СХ, РН, НОБ, $Ф_м$, РНЛ	Відкриті, пилозахищені або пилонепроникні залежно від кількості та характеру пилу.
Пожежонебезпечне:		
П-I	$Ф_м$, ПУ, ПГТ, РН, СХ, НОБ, ППД	Пилозахищені чи пилонепроникні
П-II	$Ф_м$, ПУ, РН, НОБ, У, $У_м$, $У_п$, $Г_э$, $Г_п$, ПГТ	Пилонепроникні, при наявності загальної вентиляції та місцевого відсмоктування відходів допускаються відкриті або в захисному виконанні.
П-IIа, П-III	$Ф_м$, $Ш_м$, $У_м$, $Г_м$, $Г_э$, ПУ, РН	Будь-якого виконання.
Вибухонебезпечне:		
В-I	ВЗГ, ВЗБ, В4А	Вибухонепроникне виконання.
В-Iа, В-Iг	ВЗБ, ВЗГ, В4А, В4Б	Вибухобезпечне виконання.
В-Iб	ПУ, ПГТ, РН, СХ, НОБ, $Ф_м$	Пилонепроникне виконання.
В-II	НОБ, ВЗГ, ВЗБ, В4А, В4Б	Вибухобезпечне виконання.
В-IIа	$Ф_м$, ПУ, $П_{чт}$, РН, СХ, НОБ, ВЗГ, В4А	Пилонепроникне виконання, що відповідає характеру пилу.

Для обмеження засліплювальної дії світильників загального освітлення та розсіювання УФ частин спектру світла (газорозрядні лампи) висота їх підвісу має бути не менше вказаної в табл. 3.22 та 3.23.

Висота підвісу світильників з ртутними лампами високого тиску з виправленою кольоровістю має бути не менше 4 *м* — при лампах потужністю до 400 *Вт* та 6 *м* — при лампах потужністю від 400 *Вт* і більше.

Таблиця 3.19

Область застосування світильників з люмінесцентними лампами залежно від умов оточуючого середовища

Тип світильників	Характеристика середовища в приміщенні															
	нормальне	вологе	сире	особливо сире	запилене	хімічно-активне	пожежонебезпечне				вибухонебезпечне					
							П-I	П-II	П-IIа	П-III	В-I[1]	В-Iа[2]	В-Iб	В-Iг[2]	В-II[2]	В-IIа
ОД, ОДО	+	+	х	—	х*	—	—	х**	—	—	—	—	—	—	—	—
ОДОР	+	+	х	—	х*	—	—	х**	—	—	—	—	—	—	—	—
МОДР, ПВЛ	х	х	х	+	х	—	+	+	—	—	—	—	—	—	—	—
МЛ	+	х	—	—	х*	—	—	х**	—	—	—	—	—	—	—	—
ВОД, ВЛБ	х	+	+	х	+	+	х	—	—	—	—	—	—	—	—	—
ВЛН, ПЛУ, ШОД, ШЛП	+	х	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
РЗЛ	—	(—)	(—)	—	х	(—)	(—)	(—)	—	—	—	—	—	—	—	—
НОГЛ	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	х	х	х	—	+	+
СХЛ	—	—	—	(—)	(—)	+	х	х	—	—	—	—	—	—	—	—
ПНЗ	+	+	х	—	х*	—	—	х**	—	—	—	—	—	—	—	—

Примітка. Умовні позначення: + — рекомендується; х — допускається; (—) — допускається в виняткових випадках при обгрунтованій необхідності; — — забороняється; х* — застосовується при обмеженій кількості пилу в зоні установки; х** — застосовується тільки в приміщеннях, що мають загальну вентиляцію та загальне відсмоктування відходів; [1] — світильники вибухонепроникного виконання; [2] — світильники будь-якого вибухозахисного виконання.

Таблиця 3.20

Вибір марки проводу чи кабеля та типу проводки залежно від умов оточуючого середовища в приміщенні

Тип проводки	Марка проводу чи кабеля	Характеристика середовища в приміщенні						
		нормальне	вологе	сире	особливо сире	запилене	жаркe	хімічноактивне
Відкрита на ізолюючих опорах	АПРД на роликах	х	—	—	—	—	х	—
	АПР на роликах	х	—	—	—	—	х	—
	АПР на ізоляторах	+	+	+	+	х	х	+
	Голі алюмінієві проводи на ізоляторах	х	х	х	х	—	+	х
Відкрита по поверхні стін та стелі	АТПРФ, АВРГ	+	—	—	—	+	+	—
	АСРГ, АСРА	—	х	+	+	+	+	+
	АНРГ	—	х	+	+	+	х	х
	АППВ та АПН	х	х	х	—	х	—	—
	АПР в тонких ізоляційних трубах	+	—	—	—	х	—	+
	АПР і АПРТО в сталевих трубах	+	+	+	+	+	—	+
Закрита	АППВ і АПН в будівельних конструкціях під штукатуркою	+	+	х	—	+	х	—
	АПР в ізоляційних трубах	х	х	—	—	х	х	х
	АПРТО в сталевих трубах	х	х	+	+	х	х	+
	АПР в каналах будівельних конструкцій	+	х	х	—	—	—	—

Таблиця 3.21

Вибір марки проводу чи кабеля та типу проводки для пожежо- та вибухонебезпечних приміщень

Тип проводки	Марка проводу чи кабеля	Характеристика середовища в приміщенні									
		пожежонебезпечне				вибухонебезпечне					
		П-I	П-II	П-IIа	П-III	В-I	В-Iа	В-Iб	В-Iг	В-II	В-IIа
Відкрита на ізолюючих опорах	АПРД на роликах	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	АПР на роликах	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	АПР на ізоляторах	х	х	х	х	—	—	—	—	—	—
	Голі алюмінієві проводи на ізоляторах	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Відкрита по поверхні стін та стелі	АТПРФ, АВРГ	—	+	+	—	—	—	х	—	—	—
	АСРГ, АСРА	+	х	х	х	—	х	х	—	—	х
	АНРГ	х	х	х	+	—	х	х	—	—	х
	АППВ та АПН	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	АПР в тонких ізоляційних трубах	+	+	—	—	—	—	—	—	—	—
	АПР і АПРТО в сталевих трубах	х	х	х	х	+	+	+	+	+	+
Закрита	АППВ і АПН в будівельних конструкціях під штукатуркою	+	+	+	—	—	—	—	—	—	—
	АПР в ізоляційних трубах	х	х	х	—	—	—	—	—	—	—
	АПРТО в сталевих трубах	х	х	х	+	+	+	+	+	+	+
	АПР в каналах будівельних конструкцій	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

Примітка. Умовні позначення: + — рекомендується; х — допускається, якщо це доцільно для конкретних умов; — — заборонено або застосування недоцільне.

Таблиця 3.22

Найменша висота підвісу над підлогою чи робочим майданчиком світильників загального освітлення з люмінесцентними лампами

Характеристика світильників	Захисний кут світильника в поперечній та поздовжній площинах, град.	Найменша висота підвісу при кількості ламп в світильнику, *м*	
		4 і менше	більше 4
Світильники:			
прямого світла	15—25	4	4,5
з дифузними відбивачами	25—40	3	3,5
	більше 40	не обмежується	не обмежується
Світильники розсіяного світла з коефіцієнтом пропускання розсіювачів:			
менше 55%	—	2,6	3,2
від 55 до 80%	—	3,5	4,0

Таблиця 3.23

Найменша висота підвісу над підлогою світильників загального освітлення з лампами розжарювання

Характеристика світильників	Найменша висота підвісу, *м*	
	при лампах 200 *Вт* і менше	при лампах більше 200 *Вт*
Світильники з дифузними відбивачами з захисним кутом в межах від 10^0 до 30^0 без розсіювачів	3	4
Те саме з захисним кутом більше 30^0	Не обмежується	3
Світильники з дзеркальними відбивачами	2,5	3
Світильники без відбивачів з розсіювачами:		
з коефіцієнтом пропускання 55—80%	3	4
з коефіцієнтом пропускання до 55%	2,5	3
Відкриті лампи з колбою із матового скла	4	6

Висоту підвісу світильників з лампами розжарювання (табл. 3.23) допускається зменшувати на 0,5 *м* в наступних випадках:

— при застосуванні ламп з колбою із матового скла;

— при одному загальному освітленні приміщень, освітленість яких за нормами становить менше ніж 50 *лк*;

— при освітленні приміщень, довжина яких не перевищує подвійної висоти підвісу світильників над підлогою;

— при освітленні приміщень з тимчасовим перебуванням людей.

Світильники місцевого освітлення розташовуються безпосередньо на робочих місцях або вбудовуються в технологічне обладнання.

Для місцевого освітлення на окремих технологічних операціях і на робочих місцях слід передбачати світильники з відбивачами, що не просвічуються і'мають захисний кут не менше 30^0. Відбивачі з захисним кутом від 10^0 до 30^0 допускається передбачати при розташуванні світильників нижче рівня очей працівників.

При улаштуванні місцевого освітлення для точних робіт з металевими та іншими блискучими поверхнями необхідно проектувати розташування світильників таким чином, щоб дзеркальне відображення світної поверхні світильника від робочої поверхні не співпадало з лінією зору працівника.

Світильники для ламп розжарювання та люмінесцентних ламп, які часто використовуються для штучного освітлення приміщень та робочих місць наведені на рис. 3.10 та 3.11.

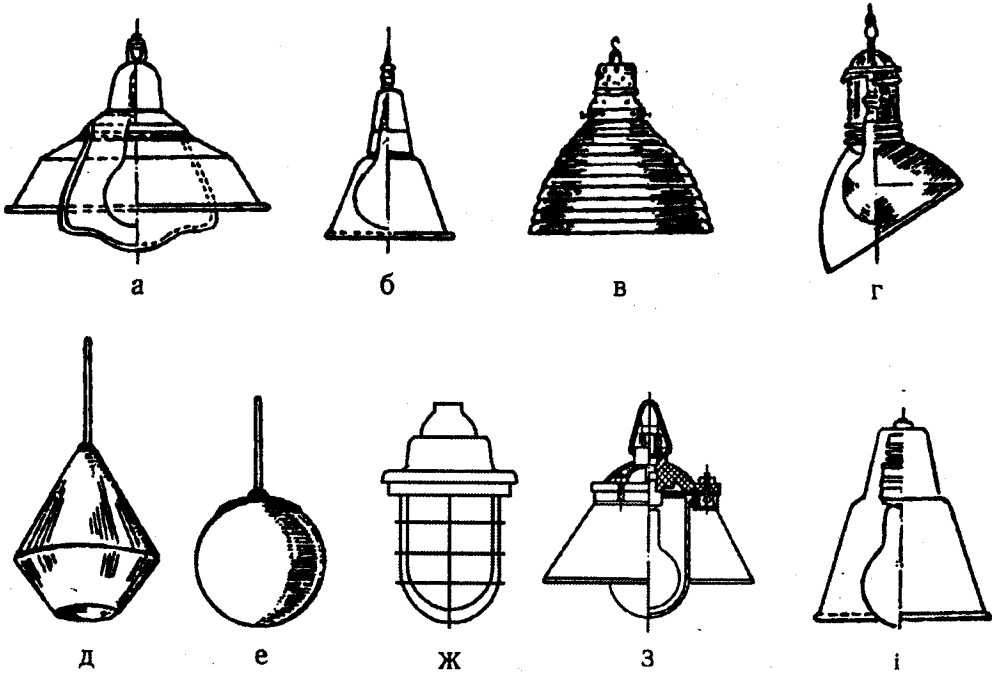


Рис. 3.10. Світильники для ламп розжарювання:
а — "Універсаль" (У, УМ); б — глибоковипромінювач емальований (Гэ); в — глибоковипромінювач дзеркальний (Гз); г — кососвіт; д — люцета з суцільного скла (НСП-07); е — куля з молочного скла (ПО-02); ж — вибухонепроникний (ВЗГ); з — промисловий ущільнений (ПУ); і — місцевого освітлення "Альфа"

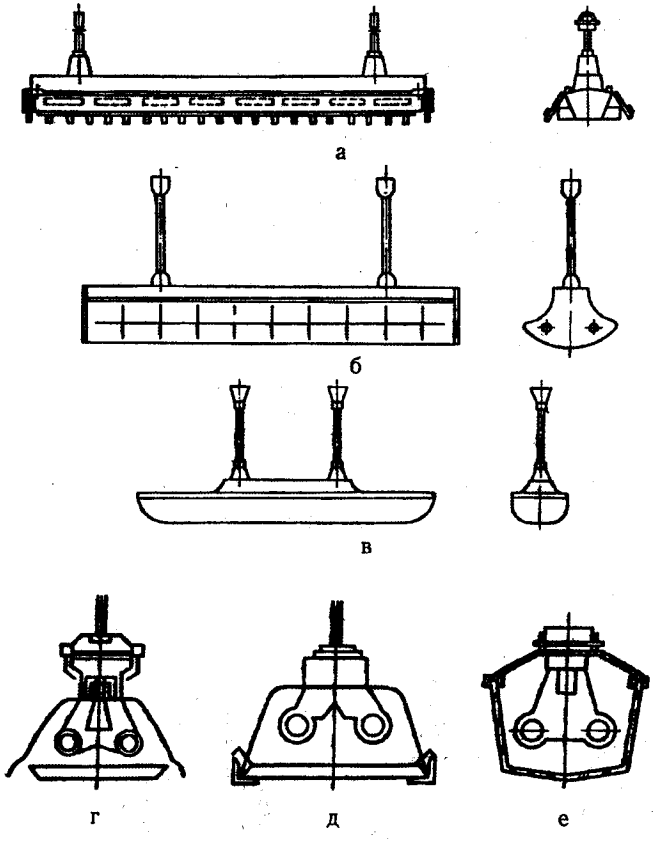


Рис. 3.11. Світильники для люмінесцентних ламп:
а — ОД, ОДР, ОДО, ОДОР; б — ШЛД, ШОД; в — ПВЛ; г — ПВЛМ, ЛД; д — ЛСП02, ЛСП06; е — ПВЛП

Критерієм оцінки економічності при виборі світильників є приведені витрати. Однак, враховуючи складність та трудомісткість таких розрахунків, а також те, що основною складовою річних експлуатаційних витрат є витрати на оплату за використану електроенергію, порівняльну оцінку економічності світильників можна здійснити за показником корисної світлової віддачі. Для цього визначають добуток коефіцієнта використання на світлову віддачу ламп у світильнику (за умови, що світильники не надто відрізняються за ціною).

3.4.3. РОЗРАХУНОК ШТУЧНОГО ОСВІТЛЕННЯ

Загальні положення розрахунку. Завдання світлотехнічного розрахунку системи штучного освітлення полягає у визначенні потужності джерел світла за заданою освітленістю, або у визначенні за заданим розміщенням світильників і відомій потужності джерел світла освітленості на розрахунковій площині і розподілення яскравості в полі зору.

Вирішення як першого, так і другого завдань, які часто в світлотехніці називаються прямим та перевірочним розрахунками, вимагає в загальному випадку як розрахунку розподілення світлових потоків, що безпосередньо падають від світильників на розрахункову площину, стелю, стіни, так і розрахунку потоків світла, що багаторазово відбиваються між поверхнями, які обмежують освітлюване приміщення.

Сумарна освітленість у заданій точці розрахункової площини (E_P) може, в загальному вигляді, розглядатись, як сума двох доданків:

$$E_P = (E_P)_{ПР} + (E_P)_B, \tag{3.10}$$

де $(E_P)_{ПР}$ — пряма складова освітленості;
$(E_P)_B$ — відбита складова освітленості.

Розподілення відбитої складової освітленості на розрахунковій площині, як правило, вважається рівномірним, розподілення ж прямої складової освітленості може бути суттєво нерівномірним, оскільки залежить як від світлорозподілу так і від розміщення світильників у просторі, що освітлюється.

Якщо обидві складові освітленості (пряма та відбита) розподіляються майже рівномірно, то для розрахунку середньої освітленості прийнято користуватись *коефіцієнтом використання світлового потоку,* під яким розуміють відношення світлового потоку, що падає на розрахункову площину (F_P) до сумарного світлового потоку джерел світла:

$$\eta = \frac{F_P}{n \cdot F_Л} \tag{3.11}$$

де $F_Л$ — світловий потік джерела світла (лампи), *лм*;
n — кількість джерел світла.

Коефіцієнт використання освітлювальної установки, як випливає з (3.11), визначає ефективність використання світлового потоку джерела світла. Його величина залежить від багатьох факторів, основними з яких є світлорозподіл та розміщення світильників в приміщенні, ККД світильників, співвідношення розмірів приміщення і відбиваючих властивостей поверхонь, що обмежують приміщення.

В тих випадках, коли умови рівномірності розподілення прямої складової освітленості не витримується, або коли необхідно проаналізувати фактичне розподілення освітленості на розрахунковій площині, виникає необхідність у окремих розрахунках прямої та відбитої складових освітленості.

Для розрахунку прямої складової освітленості використовують різноманітні методи, які визначаються, в основному, типом світильників і їх розміщенням у просторі, що освітлюється.

Вибір методу розрахунку. Для розрахунку штучного освітлення використовують, в основному, три методи: світлого потоку (коефіцієнта використання), точковий та питомої потужності.

Метод світлового потоку, як правило, використовують для розрахунку потужності освітлювальної установки при рівномірному розміщенні світильників загального

освітлення над горизонтальною площиною, коли відсутні крупногабаритні затінюючі предмети. При розрахунку за цим методом враховується як пряме так і відбите світло. Перехід від середньої освітленості до мінімальної здійснюється в цьому методі наближено.

Метод питомої потужності використовується в тих же випадках, що і метод світлового потоку. Цей метод вважається наближеним, оскільки простота розрахунку досягається за рахунок деякої втрати точності.

Загальне локалізоване освітлення, а також загальне рівномірне при наявності суттєвих затінень повинні розраховуватись за точковим методом. Цей же метод використовується при розрахунку освітленості похилих площин та відкритих просторів, а також місцевого освітлення. Відбита складова освітленості у точковому методі враховується наближено.

Метод світлового потоку. Основне розрахункове рівняння методу світлового потоку, за яким можна визначити світловий потік лампи світильника, має такий вигляд:

$$\Phi_л = \frac{ESK_3Z}{Nn\eta} \tag{3.12}$$

де E — нормована освітленість, *лк*;

S — площа приміщення, що освітлюється, *м*^{2};

K_3 — коефіцієнт запасу, що враховує зниження освітленості в результаті забруднення та старіння ламп (табл. 3.24);

Z — коефіцієнт нерівномірності освітлення (Z = 1,15 для ламп розжарювання та ДРЛ; Z = 1,1 для люмінесцентних ламп, якщо відношення L/h не перевищує встановлених значень);

N — кількість світильників;

n — кількість ламп у світильнику;

η — коефіцієнт використання світлового потоку.

Нормована освітленість E приймається відповідно до СНиП II-4-79 (табл. 3.1), або розроблених на їх основі галузевих норм.

Коефіцієнт η визначається за світлотехнічними таблицями залежно від показника приміщення i, коефіцієнтів відбиття стін та стелі. Показник приміщення i вираховується за формулою:

$$i = \frac{ab}{h(a+b)}, \tag{3.13}$$

де a і b — довжина і ширина приміщення, *м*;

h — висота світильника над робочою поверхнею, *м*.

При величині показника приміщення $i > 5$ коефіцієнт використання приймається як при $i = 5$.

Значення коефіцієнтів використання для найбільш розповсюджених типів світильників наведені в табл. 3.25 і 3.26.

Таблиця 3.24

Значення коефіцієнта запасу K_3 залежно від характеристики приміщення

Характеристика приміщення	Приклади приміщень	Значення K_3 при освітленні лампами	
		газорозрядними	розжарювання
1. Робочі приміщення з повітряним середовищем, що містить в робочій зоні:			
а) більше 5 *мг/м*^{3} пилу, диму, кіптяви	Агломераційні фабрики, цементні заводи, обрубні відділення ливарних цехів	2	1,7
б) від 1 до 5 *мг/м*^{3} пилу, диму, кіптяви	Цехи ковальські, ливарні, мартенівські, зварювальні, збірного залізобетону	1,8	1,5
в) менше 1 *мг/м*^{3} пилу, диму, кіптяви	Цехи інструментальні, складальні, механічні, швейні, ткацькі, деревообробні	1,5	1,3
г) значні концентрації парів кислот, лугів, газів, які здатні при зіткненні з вологою утворювати слабкі розчини кислот, лугів, а також мають властивість викликати значну корозію	Цехи хімічних заводів з виготовлення кислот, лугів, їдких хімічних реактивів, отрутохімікатів, міндобрив; цехи гальванічних покрить і гальванопластики різних галузей промисловості з застосуванням електролізу	1,8	1,5
2. Виробничі приміщення з особливим режимом за чистотою повітря при обслуговуванні світильників:			
а) з технічного поверху	—	1,3	1,15
б) знизу приміщення	—	1,4	1,2
3. Приміщення громадських і житлових будівель	Кабінети і робочі приміщення громадських будівель, житлові кімнати, навчальні приміщення, читальні зали, зали нарад, торговельні зали тощо	1,5	1,3

Визначивши світловий потік лампи $\Phi_л$, за таблицею вибирають найближчу стандартну лампу (табл. 3.27, 3.28), причому її світловий потік не повинен відрізнятись від розрахункового більше ніж на (– 10) – (+ 20)%. При неможливості вибрати лампу з таким наближенням коректується кількість ламп у світильнику (n), або ж кількість світильників (N). Якщо вже є відомим вид світильника та кількість і тип ламп в ньому,

тобто відомий світловий потік світильника, то розрахунок зводиться до визначення N. Інколи формула (3.12) може бути використана і для перевірочного розрахунку коли визначається очікувана освітленість поверхні при відомих всіх інших значеннях.

Коди як джерела світла використовуються люмінесцентні лампи, то їх доцільно розташовувати рядами. Оскільки довжина цих ламп значна необхідно співставляти сумарну довжину ряду світильників з люмінесцентними лампами з довжиною приміщення. При цьому можливі такі випадки:

– сумарна довжина світильників, що розташовані в ряд перевищує довжину приміщення: необхідно застосовувати більш потужні лампи, у яких світловий потік на одиницю довжини більший, або збільшувати кількість рядів, чи компонувати ряди із подвоєних, потроєних і т. д. світильників;

– сумарна довжина ряду світильників рівна довжині приміщення: необхідно встановити неперервний ряд світильників;

– сумарна довжина ряду світильників менша довжини приміщення: необхідно світильники розмістити в ряд через рівномірні проміжки, які, як правило, не повинні перевищувати 0,5 розрахункової висоти.

Таблиця 3.25

Коефіцієнти використання світлового потоку світильників з лампами розжарювання

Тип світильника	У; УПМ-15 "Астра-1,12"	$Г_С$; $Г_СУ$	ПО-21	НСП02; НСП03	ВЗГ-100М
$\rho_{стелі}$, %	70 50 30	70 50 30	70 50 30	70 50 30	70 50 30
$\rho_{стін}$, %	50 30 10	50 30 10	50 30 10	50 30 10	50 30 10
i	Коефіцієнти використання, %				
0,5	22 20 17	55 50 48	23 20 17	10 7 5	13 8 6
0,6	32 26 23	59 54 51	28 25 20	15 10 7	17 12 9
0,7	39 34 30	62 59 54	31 29 25	19 14 10	20 16 13
0,8	44 38 34	66 62 58	38 34 30	21 16 12	23 19 16
0,9	47 41 37	68 64 61	39 36 33	24 18 15	24 20 17
1,0	49 43 39	70 66 63	42 38 34	26 20 17	25 21 18
1,1	50 45 41	72 67 65	43 39 35	27 21 18	26 22 19
1,25	52 47 43	74 70 67	46 41 37	28 23 19	28 23 20
1,5	55 50 46	77 73 71	49 44 39	31 25 21	29 24 22
1,75	58 53 48	79 76 74	52 46 41	33 27 22	30 26 24
2,0	60 55 51	82 80 76	54 48 44	35 29 23	31 28 25
2,25	62 57 53	83 81 77	56 50 45	37 30 25	32 29 26
2,5	64 59 55	85 82 79	58 51 47	39 32 27	33 30 28
3,0	66 62 58	86 83 80	60 53 50	43 35 29	35 33 31
3,5	68 64 61	88 85 82	62 56 52	45 37 31	37 34 33
4,0	70 66 62	88 86 83	63 57 53	47 39 32	38 36 34
5,0	73 69 64	89 86 84	65 58 56	50 42 35	39 37 35
$\Phi_{н.п.}$, %	75	80	52	42	48
$\Phi_{в.п.}$, %	0	0	28	28	0

Таблиця 3.26

Коефіцієнти використання світлового потоку світильників з люмінесцентними лампами

Тип світильника	ПВЛМ-Р	ЛОУ	ШОД	ЛПО01	ЛСП01
$\rho_{стелі}$, % $\rho_{стін}$, %	70 50 30 50 30 10	70 50 30 50 30 10	70 50 50 50 50 30	70 50 50 50 50 30	70 50 50 50 50 30
i	Коефіцієнти використання, %				
0,5	25 18 13	26 21 16	22 16 14	25 23 20	25 23 22
0,6	29 22 17	30 24 20	28 21 18	31 29 24	31 29 26
0,7	34 26 20	34 28 24	32 24 21	36 34 28	35 33 30
0,8	36 28 23	37 31 27	35 27 24	39 37 32	38 36 32
0,9	40 31 25	40 34 30	38 30 27	42 41 35	41 38 35
1,0	43 34 28	43 37 32	41 32 29	46 44 38	43 40 37
1,1	45 36 30	45 39 34	43 34 31	48 46 41	45 42 39
1,25	47 38 32	48 42 37	46 37 34	51 49 44	47 44 41
1,5	51 42 35	51 46 41	50 40 37	55 53 49	50 46 44
1,75	54 45 38	54 49 44	53 43 40	58 57 52	52 49 47
2,0	56 47 40	56 50 46	55 45 42	61 59 55	54 50 48
2,25	58 49 42	58 52 48	57 47 44	63 62 57	56 52 50
2,5	60 51 44	60 54 50	59 48 45	65 64 59	57 53 51
3,0	63 53 46	62 56 52	61 50 48	68 66 62	59 54 52
3,5	64 54 48	63 57 53	63 52 50	70 68 64	60 56 54
4,0	66 56 49	64 58 55	65 54 52	71 69 66	61 56 55
5,0	68 59 52	66 61 58	67 56 53	75 72 70	63 58 57
$\Phi_{н.п.}$, %	54	62	40	74	53
$\Phi_{в.п.}$, %	28	10	45	0	16

Примітка. $\Phi_{н.п.}$ — світловий потік світильника у нижню півсферу; $\Phi_{в.п.}$ — світловий потік світильника у верхню півсферу.

Таблиця 3.27

Технічні дані деяких ламп розжарювання та люмінесцентних ламп

Лампи розжарювання							Люмінесцентні лампи загального призначення			
загального призначення (U=220 В)			місцевого освітлення							
Потужність, *Вт*	Тип лампи	Світловий потік, *лм*	Потужність, *Вт*	Тип лампи	Напруга, *В*	Світловий потік, *лм*	Потужність, *Вт*	Тип лампи	Світловий потік, *лм*	Довжина лампи, *м*
25	В	220	15	МО	12	200	20	ЛДЦ	850	0,6
40	Б	400	25	МО	12	380	20	ЛД	1000	0,6
40	БК	460	40	МО	12	620	20	ЛБ	1200	0,6
60	Б	715	60	МО	12	850	30	ЛДЦ	1500	0,9
60	БК	790	25	МО	36	300	30	ЛД	1800	0,9
100	Б	1350	40	МО	36	600	30	ЛБ	2180	0,9
100	БК	1450	60	МО	36	800	40	ЛДЦ	2200	1,2
150	Г	2000	100	МО	36	1550	40	ЛД	2500	1,2
150	Б	2100	40	МОЗ	12	400	40	ЛБ	3200	1,2
200	Г	2800	60	МОЗ	12	660	80	ЛДЦ	3800	1,5
200	Б	2920	60	МОЗ	36	650	80	ЛД	4300	1,5
300	Г	4600	100	МОЗ	36	1200	80	ЛБ	5400	1,5

Таблиця 3.28

Технічні дані ртутних дугових ламп (ДРЛ) та металогалогенних ламп (ДРН)

Тип лампи	Потужність, *Вт*	Напруга живлення, *В*	Світловий потік, *лм*	Тип ламп	Потужність, *Вт*	Напруга живлення, *В*	Світловий потік, *лм*
ДРЛ 80	80	115	3 200	ДРН 250	250	220	18 700
ДРЛ 125	125	125	5 600	ДРН 400	400	220	32 000
ДРЛ 250	250	130	11 000	ДРН 700	700	220	59 500
ДРЛ 400	400	135	19 000	ДРН 1000	1000	220	90 000
ДРЛ 700	700	140	35 000	ДРН 2000	2000	380	190 000
ДРЛ 1000	1000	145	50 000				

Приклад 3.2. Розрахувати систему загального рівномірного освітлення з лампами розжарювання для виробничого приміщення, в якому виконуються зорові роботи високої точності (розряд IIIв).

Розміри приміщення: довжина a = 12 *м*, ширина b = 5 *м*, висота H = 3,2 *м*. Приміщення має світлу побілку: коефіцієнт відбиття $\rho_{\text{СТЕЛІ}}$ = 70%, $\rho_{\text{СТІН}}$ = 50%. Висота робочих поверхонь (столів) h_p = 0,7 *м*. Для освітлення прийнято світильники типу УПМ–15, які підвішуються до стелі; відстань від світильника до стелі h_c = 0,5 *м*. Мінімальна освітленість за нормами E = 200 *лк*.

Визначаємо висоту підвісу світильників над підлогою

$h_o = H - h_c = 3{,}2 - 0{,}5 = 2{,}7$ *м*.

Для світильників загального освітлення з лампами розжарювання потужністю до 200 *Вт* мінімальна висота підвісу над підлогою відповідно до СНиП II-4-79 повинна бути 2,5—4,0 *м*, залежно від характеристики світильника. В нашому випадку h_o відповідає цій вимозі.

Висота підвісу світильника над робочою поверхнею дорівнює (рис. 3.12):

$h = h_o - h_p = 2{,}7 - 0{,}7 = 2{,}0$ *м*.

Рівномірність освітлення досягається при відповідному співвідношенні відстані між світильниками L і висоти їх підвісу h (табл. 3.13). Визначимо рекомендовану відстань між світильниками:

$L = 0{,}7h = 0{,}7 \cdot 2 = 1{,}4$ *м*.

Необхідна кількість світильників становить:

$$N = \frac{ab}{L^2} = \frac{12 \cdot 5}{1{,}4^2} = 15{,}3.$$

Приймаємо 14 світильників, враховуючи розміри приміщення розміщуємо їх у два ряди по 7 штук (рис. 3.13).

Показник приміщення i становить:

$$i = \frac{ab}{h(a+b)} = \frac{12 \cdot 5}{2(12+5)} = 1{,}76$$

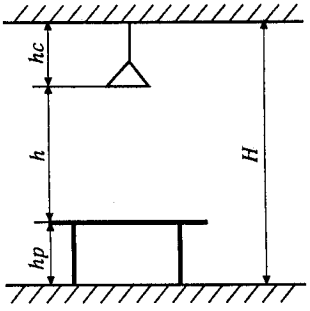


Рис. 3.12.Схема визначення висоти підвісу світильника

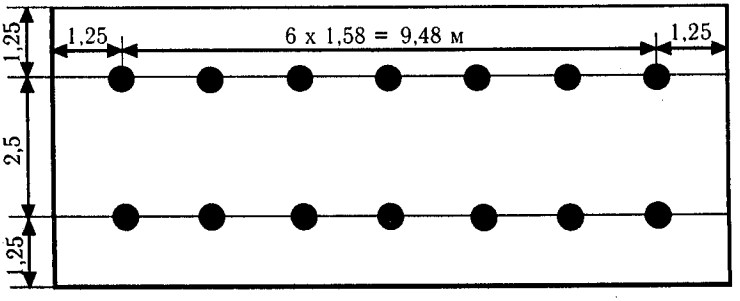


Рис. 3.13. Схема розташування світильників УПМ-15 у приміщенні

За табл. 3.25 знаходимо коефіцієнт використання $\eta = 0{,}58$ для світильника УПМ-15 при $i = 1{,}75$, $\rho_{СТЕЛІ} = 70\%$, $\rho_{СТІН} = 50\%$.

Світловий потік одного світильника, а значить і лампи, оскільки за конструктивним виконанням у світильнику встановляється лише одна лампа, дорівнює

$$\Phi_Л = \frac{ESK_3Z}{N\eta} = \frac{200 \cdot 60 \cdot 1{,}3 \cdot 1{,}15}{14 \cdot 0{,}58} = 2209 \ лм.$$

За табл. 3.27 вибираємо лампу Б-150 потужністю 150 *Вт*, світловий потік якої становить 2100 *лм*. Хоча це значення на 5% менше розрахункового, однак не перевищує встановлену норму — $10\% < \Delta\Phi_Л < +20\%$.

Сумарна електрична потужність усіх світильників, встановлених у приміщенні становить:

$$\sum P_{СВ} = P_{СВ}N = 150 \cdot 14 = 2100 \ Вт$$

Приклад 3.3. Провести розрахунок системи загального рівномірного освітлення люмінесцентними лампами для тих же умов, що й в прикладі 3.2.

Мінімальне освітлення приміщення, в якому виконуються зорові роботи розряду IIIв становить $E = 300$ *лм* (табл. 3.1). Як світлові пристрої приймаємо світильники типу ЛПО01 (з двома лампами), які доцільно використовувати в нашому випадку. Оскільки світильники кріпляться до стелі, то їх висота над підлогою майже рівна висоті приміщення $h_O = 3{,}2$ *м*, що не суперечить вимогам СНиП II-4-79, відповідно до яких $h_{O\,min} = 2{,}6 — 4$ *м*, коли у світильнику менше 4-х ламп, і $h_{O\,min} = 3{,}2 — 4{,}5$ *м* — при 4-х і більше ламп.

Визначимо висоту світильника над робочою поверхнею: $h = h_O - h_P = 3{,}2 - 0{,}7 = 2{,}5$ *м*.
Показник приміщення i становить:

$$i = \frac{ab}{h(a+b)} = \frac{12 \cdot 5}{2{,}5(12+5)} = 1{,}4.$$

При i = 1,5 (i = 1,4 немає), $\rho_{СТЕЛІ} = 70\%$, $\rho_{СТІН} = 50\%$ для світильника ЛПО01 коефіцієнт використання дорівнює $\eta = 0{,}55$ (табл. 3.26).

Визначимо необхідну кількість світильників, для забезпечення необхідної нормованої освітленості робочих поверхонь, якщо відомо, що в кожному світильнику встановлено по дві лампи ЛБ-40, а світловий потік однієї такої лампи становить $\Phi_Л = 3200$ *лм*:

$$N = \frac{ESK_3Z}{2\Phi_Л\eta} = \frac{300 \cdot 60 \cdot 1{,}7 \cdot 1{,}1}{2 \cdot 3200 \cdot 0{,}55} = 9{,}6.$$

Приймаємо 10 світильників, які для забезпечення рівномірності освітлення розташовуємо в два ряди по 5 штук в кожному. Оскільки довжина світильника мало що більша за довжину люмінесцентної лампи, встановленої в ньому, то загальна довжина усіх світильників у ряді становитиме $\Sigma L_{СВ}$ = 1,2 · 5 = 6 *м*. Це значення менше довжини приміщення, тому між світильниками будуть розриви 1,0 *м*. (рис. 3.15).

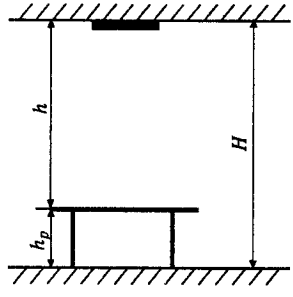


Рис. 3.14. Схема визначення висоти підвісу світильника

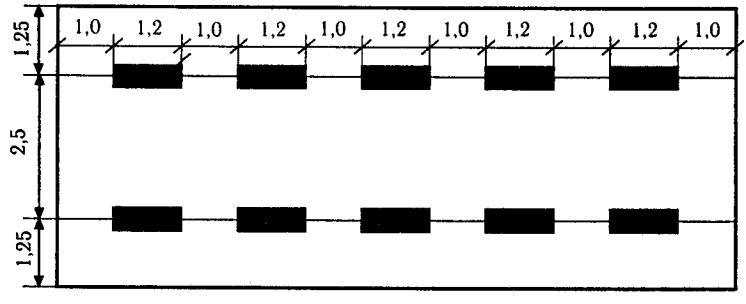


Рис. 3.15. Схема розташування світильників ЛПО01 у приміщенні

Визначимо сумарну електричну потужність усіх світильників, встановлених в приміщенні:

$\Sigma P_{СВ} = P_Л \cdot N \cdot n = 40 \cdot 10 \cdot 2 = 800$ *Вт*.

Порівнявши результати прикладів 3.2 і 3.3 видно, що сумарна електрична потужність світильників з люмінесцентними лампами майже в 2,5 рази менша ніж з лампами розжарювання при однакових розрахункових умовах.

Метод питомої потужності. Для розрахунку потужності світильників, що освітлюють горизонтальну площину, коли вони розташовані рівномірно можна використати метод питомої потужності. Цей метод, який розробив Г. М. Кнорринг на основі методу коефіцієнта використання, дозволяє дещо наближено, однак швидко і просто вирішити завдання щодо розрахунку сумарної усталеної потужності освітлювальної установки.

Під *питомою потужністю* розуміють відношення сумарної потужності джерел світла до площі поверхні, що освітлюється. Її широко використовують для оцінки економічності прийнятих рішень, самоконтролю розрахунків, попереднього визначення освітлювального навантаження на початкових стадіях проектування. Для розрахунку використовуються таблиці питомої потужності з урахуванням: рівня освітленості, значення розрахункової висоти; площі приміщення; типу світильника; коефіцієнта запасу; коефіцієнта відбиття поверхонь приміщення. Для люмінесцентних ламп табличні значення відповідають освітленості 100 *лк*. При іншій освітленості E табличне значення питомої потужності p змінюється пропорційно відношенню $E/100$. Питома потужність також прямо пропорційна коефіцієнту запасу світильника, тому при значеннях цього коефіцієнта відмінних від значень, що наведені в таблицях, необхідно зробити пропорційний перерахунок.

В тих випадках, коли фактичні коефіцієнти відбиття стелі, стін, підлоги приміщення відрізняються від значень, для яких розраховані таблиці питомої потужності, можна скористатись коефіцієнтами перерахунку, які наведені в табл. 3.29.

Таблиця 3.29

Коефіцієнти перерахунку значень питомої потужності

Коефіцієнти відбиття стелі, стін, підлоги приміщення		Коефіцієнти перерахунку
табличні	задані	
70; 50; 30	70; 50; 10	0,9
50; 30; 10	70; 50; 10	0,9
50; 30; 10	70; 50; 30	0,8
50; 30; 10	30; 10; 10	1,1

Значення питомої потужності для найрозповсюдженіших типів світильників наведені в таблицях 3.30—3.36.

Порядок використання таблиць при лампах розжарювання і лампах типу ДРЛ наступний:

— вибирають всі рішення стосовно освітлення приміщення, включно з числом світильників N;

— у відповідній таблиці знаходять значення питомої потужності p;

— визначають потужність лампи за формулою:

$$P_л = \frac{pS}{N}; \qquad (3.14)$$

— вибирають найближчу за значеннями стандартну лампу.

Таблиця 3.30

Питома потужність загального рівномірного освітлення. Світильники УПМ-15, У, "Астра-1, 11,12" (враховані значення $\rho_{СТЕЛІ}$ = 50%; $\rho_{СТІН}$ = 30%; $\rho_{ПІДЛ.}$ = 10%; $K_з$ = 1,3; z = 1,15)

h, м	S, м²	Питома потужність, Вт/м², при освітленості, лк, рівній						
		5	10	20	30	50	75	100
2—3	10—15	2,5	4,5	8	11,3	18,4	26,4	33,6
	15—25	2,1	3,7	6,5	9,1	14,5	21	26,7
	25—50	1,8	3,2	5,6	7,7	12,5	17,8	22,5
	50—150	1,5	2,7	4,7	6,5	10,6	15	19,4
	150—300	1,3	2,3	4,1	5,6	9,4	13,3	17
	>300	1,2	2,1	3,8	5,2	8,7	12,4	15,5
3—4	10—15	3,6	6,1	12,3	16,4	25	35,8	45,8
	15—20	2,9	4,9	9,1	12,9	21,4	28,7	38,8
	20—30	2,4	4	7,3	10,6	17,4	23,2	31
	30—50	1,9	3,3	5,8	8,5	13,4	18,8	24
	50—120	1,6	2,8	4,8	7,3	11,3	15,6	19,9
	120—300	1,3	2,3	4,1	6,1	9,5	13	16,7
	>300	1,1	1,9	3,6	5,3	8,2	11	14,6
4—6	10—17	5	9,3	20,4	25,5	32,8	50	66,6
	17—25	3,7	7,1	14,6	19,3	26,9	41,6	55,5
	25—35	2,7	5,1	9,7	13,1	20,4	31,7	42,3
	35—50	2,2	3,8	7,5	10,4	16,2	24,2	32,2
	50—80	1,8	3,1	5,9	8,4	12,9	19	25,3
	80—150	1,5	2,6	5	7	10,6	15,6	20,8
	150—400	1,2	2,2	4,2	5,9	9	13,4	17,8
	>400	1	1,8	3,4	4,9	7,4	10,9	14,5

Таблиця 3.31

Питома потужність загального рівномірного освітлення. Світильники Гс, ГсУ (враховані значення $\rho_{СТЕЛІ}$ = 50%; $\rho_{СТІН}$ = 30%; $\rho_{ПІДЛ.}$ = 10%; $K_з$ = 1,3; z = 1,15)

h, м	S, м²	Питома потужність, Вт/м², при освітленості, лк, рівній					
		10	20	30	50	75	100
6—8	25—35	3	5,2	9,2	11,9	17,4	21
	35—50	2,6	4,7	7,4	10,8	15	19,1
	50—65	2,4	4,4	6,4	9,8	13,8	17,5
	65—90	2,2	4,1	6	9,1	12,7	16,3
	90—135	2	3,8	5,4	8,3	11,7	14,9
	135—250	1,8	3,5	5	7,7	10,8	13,8
	250—500	1,7	3,2	4,7	7,1	9,9	12,7
	>500	1,5	2,8	4,1	6,3	8,8	11,4
8—12	50—70	2,7	4,9	7,4	10,6	15,1	20
	70—100	2,4	4,5	6,3	9,7	13,6	18,6
	100—130	2,2	4,1	5,7	8,8	12,5	16,2
	130—200	2	3,7	5,1	8	11,5	14,6
	200—300	1,9	3,4	4,7	7,4	10,6	13,3
	300—600	1,7	3,1	4,4	6,8	9,7	12,4
	600—1500	1,6	2,9	4	6,2	8,8	11,2
	>1500	1,4	2,6	3,6	5,5	7,9	10
12—16	130—200	2,4	4,1	6	9	14,6	19,5
	200—350	2	3,6	5	7,8	11,2	15
	350—600	1,7	3,1	4,4	6,8	9,9	13,2
	600—1300	1,5	2,8	4	6,2	9,1	12,1
	1300—4000	1,4	2,4	3,6	5,4	8	10,7
	>4000	1,3	2,2	3,2	5	7,1	9,5

Таблиця 3.32

Питома потужність загального рівномірного освітлення. Світильники НСП02, НСП03 (враховані значення $\rho_{СТЕЛІ}$ = 50%; $\rho_{СТІН}$ = 30%; $\rho_{ПІДЛ.}$ = 10%; $K_З$ = 1,3; z = 1,15)

h, м	S, м²	Питома потужність, Вт/м², при освітленості, лк, рівній						
		5	10	20	30	50	75	100
1,5—2	10—15	3,4	6,7	13,3	20	33,2	50	66,5
	15—25	2,9	5,8	11,6	17,4	29	43,5	58
	25—50	2,4	4,8	9,6	14,4	24	36	48
	50—150	2	4	7,9	11,8	19,8	29,6	39,5
	150—300	1,6	3,1	6,2	9,3	15,5	23,3	31
	>300	1,4	2,7	5,4	8,1	13,5	20,2	27
2—3	10—15	5	10	20	30	50	75	100
	15—25	3,8	7,5	15	22,5	37,5	56,3	75
	25—50	2,8	5,7	11,4	17,1	28,5	42,7	57
	50—150	2,3	4,5	9	13,5	22,5	33,8	45
	150—300	1,9	3,8	7,5	11,3	18,8	28,1	37,5
	>300	1,5	3	6	9	15	22,5	30
3—4	10—15	9,4	18,8	37,6	56,5	94	141	188
	15—20	7	13,9	27,8	41,7	69,5	104,2	139
	20—30	5	9,9	19,8	29,7	49,5	74,2	99
	30—50	3,7	7,3	14,6	21,9	36,5	54,7	73
	50—120	2,8	5,6	11,2	16,8	28	42	56
	120—300	2,2	4,4	8,8	13,2	22	33	44
	>300	1,6	3,2	6,4	9,6	16	24	32

Таблиця 3.33

Питома потужність загального рівномірного освітлення. Світильник ПО-21 (враховані значення $\rho_{СТЕЛІ}$ = 50%; $\rho_{СТІН}$ = 30%; $\rho_{ПІДЛ.}$ = 10%; $K_З$ = 1,3; z = 1,15)

h, м	S, м²	Питома потужність, Вт/м², при освітленості, лк, рівній						
		5	10	20	30	50	75	100
2—3	10—15	2,7	4,8	8,3	11,7	18,7	28,5	38
	15—25	2,2	3,9	6,8	9,6	15,5	23	30,7
	25—50	1,8	3,3	5,7	7,9	12,8	18,9	25,2
	50—150	1,5	2,8	4,9	6,7	10,8	16,2	21,6
	150—300	1,4	2,5	4,3	6,1	9,4	14	18,7
	>300	1,3	2,3	4,1	5,7	8,9	13,3	17,7
3—4	10—15	3,1	5,5	9,9	14,5	25,6	38,5	51,3
	15—20	2,8	4,9	8,7	13	21,5	32,2	43
	20—30	2,4	4,2	7,4	11,2	18,8	28,1	37,5
	30—50	1,9	3,4	6	9,1	15,3	23	30,6
	50—120	1,6	2,8	4,9	7,5	12,2	18,4	24,5
	120—300	1,4	2,4	4,2	6,3	10,4	15,5	20,7
	>300	1,2	2,1	3,6	5,5	9,2	13,7	18,3
4—6	10—17	3,5	6,3	15,8	23,7	39,5	59,2	79
	17—25	3	5,5	11,8	17,7	29,5	44,2	59
	25—35	2,6	4,7	9,3	14	23,3	35	46,6
	35—50	2,2	4	7,9	11,8	19,8	29,6	39,5
	50—80	1,9	3,3	6,5	9,7	16,2	24,3	32,4
	80—150	1,5	2,7	5,3	7,9	13,2	19,8	26,4
	150—400	1,3	2,3	4,5	6,8	11,2	16,9	22,5
	>400	1,1	1,9	3,8	5,7	9,5	14,2	19

Таблиця 3.34

Питома потужність загального рівномірного освітлення при освітленості 100 *лк*. Світильники з лампами ДРЛ

(враховані значення $\rho_{СТЕЛІ}$ = 50%; $\rho_{СТІН}$ = 30%; $\rho_{ПІДЛ.}$ = 10%; $K_з$ = 1,5; z = 1,15)

h, *м*	*S*, *м*²	Питома потужність, *Вт*/*м*², для світильників типу					
		УПДДРЛ	РСП05/К03; СЗ5ДРЛ	РСП08/Г03; РСП08/Г5`3	РСП05/Г03; СЗ4ДРЛ	РСП07; РСП08/Л00; РСП08/Л5`0	РСП05/Д03; РСП08/Д5`3; СД2ДРЛ
6—8	50—65	13	7,3	8,3	6,7	16,3	11,2
	65—90	11,2	6,8	7,2	6,3	13,7	9,9
	90—135	9,4	6,2	6,5	5,9	11,3	8,8
	135—250	7,9	5,6	5,9	5,3	9,2	7,5
	250—500	6,7	5	5,2	4,9	7,2	6,4
	>500	5,4	4,5	4,6	4,3	5,7	5,3
8—12	70—100	15,8	7,9	10,6	7,4	20,8	13,7
	100—130	13,1	7,4	8,4	6,8	16,5	11,2
	130—200	11,2	6,7	7,1	6,2	13,4	9,9
	200—300	9,3	6,1	6,4	5,7	10,9	8,7
	300—600	7,8	5,5	5,8	5,3	8,8	7,4
	600—1500	6,2	4,8	5,1	4,7	6,8	6,1
	>1500	5,3	4,4	4,5	4,2	5,4	5,1
12—16	130—200	16	8	10,8	7,5	21,4	14
	200—350	12,4	7,1	8,1	6,5	15,3	10,7
	350—600	9,4	6,2	6,4	5,8	11,3	8,7
	600—1300	7,5	5,4	5,7	5,2	8,7	7,3
	1300—4000	6	4,8	4,9	4,6	6,5	5,7
	>4000	5,2	4,3	4,4	4,1	5,2	4,9

Таблиця 3.35

Питома потужність загального рівномірного освітлення при освітленості 100 *лк*. Світильники з люмінесцентними лампами

(враховані значення $\rho_{СТЕЛІ}$ = 70%; $\rho_{СТІН}$ = 50%; $\rho_{ПІДЛ.}$ = 10%; $K_з$ = 1,5; z = 1,1)

h, *м*	*S*, *м*²	Питома потужність, *Вт*/*м*², для світильників і типів ламп					
		ШОД			ЛПР		
		ЛБ-40	ЛХБ-40 ЛТБ-40 ЛД-40	ЛДЦ-40	ЛБ-40	ЛХБ-40 ЛТБ-40 ЛД-40	ЛДЦ-40
1	2	3	4	5	6	7	8
2—3	10—15	7,4	8,7	10,5	7,2	8,6	10,3
	15—25	6,3	7,5	9	6,1	7,4	8,7
	25—50	5,2	6,3	7,5	5,3	6,2	7,5
	50—150	4,4	5,2	6,2	4,5	5,3	6,3
	150—300	3,7	4,5	5,5	4	4,7	5,7
	>300	3,5	4,1	4,9	3,5	4,2	5,2
3—4	10—15	11	12,9	15,5	10,6	13,5	18,5
	15—20	8,9	10,8	12,8	8,4	10,2	12,4
	20—30	7,4	8,6	10,5	7,2	8,6	10,2
	30—50	6,2	7,4	8,9	6,1	7,3	8,6

Продовження табл. 3.35

1	2	3	4	5	6	7	8
3—4	50—120	5,1	6,1	7,3	5,1	6	7,3
	120—300	4,3	5	6,1	4,4	5,2	6,3
	>300	3,5	4,1	4,9	3,5	4,2	5,2
4—6	10—17	13,7	16,1	19,5	14,5	17,4	22
	17—25	11,7	13,8	16,7	11,2	14,5	19
	25—35	9,5	11,3	13,6	9	11,1	13,5
	35—50	7,9	9,1	11	7,6	9	10,8
	50—80	6,6	7,9	9,5	6,5	7,8	9,2
	80—150	5,7	6,7	8,6	5,6	6,7	8
	150—400	4,6	5,6	6,8	4,7	5,5	6,7
	>400	3,5	4,1	4,9	3,5	4,2	5,2

Таблиця 3.36

Питома потужність загального рівномірного освітлення при освітленості 100 *лк*. Світильники з люмінесцентними лампами (враховані значення $K_з = 1{,}5$; $z = 1{,}1$)

h, *м*	*S*, $м^2$	Питома потужність, $Вт/м^2$, для світильників і типів ламп			
		ПВЛМ-Р	ЛПО02-4х40/II-02		
		ЛБ-40, 80; ЛХБ-40, 80	ЛБ-40	ЛХБ-40 ЛТБ-40 ЛД-40	ЛДЦ-40
2—3	10—15	12,7	7,4	8,8	10,8
	15—25	10,6	6,5	7,8	9,3
	25—50	8,6	5,5	6,5	7,9
	50—150	6,8	4,7	5,6	6,7
	150—300	6	4,2	5	6
	>300	5,2	3,9	4,5	5,5
3—4	10—15	17,2	12,1	14	16
	15—20	15	8,8	10,3	12,4
	20—30	12,4	7,4	8,8	10,8
	30—50	10,5	6,4	7,6	9,1
	50—120	8,4	5,4	6,4	7,7
	120—300	6,7	4,6	5,5	6,7
	>300	5,2	3,9	4,5	5,5
4—6	10—17	20	19	20	22
	17—25	17,9	14	15	16,5
	25—35	15,9	10	11	13,1
	35—50	13,4	7,8	9,2	11,3
	50—80	11,1	6,8	8	9,7
	80—150	9,3	5,9	7	8,5
	150—400	7,4	4,9	5,8	7
	>400	5,2	3,9	4,5	5,4

Примітка. Для ПВЛМ-Р $\rho_{СТЕЛІ} = 50\%$; $\rho_{СТІН} = 30\%$; $\rho_{ПІДЛ.} = 10\%$; для ЛПО02-4х40 ці значення за колонками: 1—70, 50, 10; 2—50; 30; 10; 3—70, 50, 10.

При люмінесцентних лампах порядок такий:

— вибирають всі рішення стосовно освітлення приміщення, включно з числом рядів світильників і спектральним типом лампи;

— у відповідній таблиці знаходять значення питомої потужності p для ламп заданої потужності або кількох можливих для застосування потужностей;

— для тих же ламп визначається необхідне число світильників у ряді шляхом поділу pS на потужність одного світильника і здійснюється компоновка рядів світильників.

Приклад 3.4. Визначити потужність освітлювального пристрою та кількість світильників на дільниці комп'ютерного набору з розмірами 6х18 *м* при умові створення на робочих місцях загальної рівномірної освітленості в 300 *лк* (згідно діючих відомчих норм). Світильники типу ЛПО02 з чотирма лампами ЛБ-40, потужністю 40 *Вт* кожна знаходяться на висоті $h = 2{,}7$ *м* над робочими поверхнями. Коефіцієнт запасу $K_з = 1{,}8$. Побілка в приміщенні дільниці світла ($\rho_{СТЕЛІ} = 70\%$, $\rho_{СТІН} = 50\%$, $\rho_{ПІДЛОГИ} = 10\%$).

В таблиці 3.36 знаходимо значення питомої потужності при заданих параметрах — $p_{ТАБЛ.} = 4{,}7\ Вт/м^2$. Оскільки це значення відповідає $K_з = 1{,}5$, а задане значення становить $K_з = 1{,}8$, вводимо необхідну поправку: $p = 4{,}7 \cdot 1{,}8/1{,}5 = 5{,}64\ Вт/м^2$.

Табличне значення питомої потужності відповідає освітленості 100 *лк*, нормована освітленість становить 300 *лк* тому необхідно зробити пропорційний перерахунок:

$$p = 5{,}64\frac{300}{100} = 16{,}92\ Вт/м^2.$$

Потужність освітлювальної установки дільниці $P_Д$ рівна:

$P_Д = p \cdot S = 16{,}92 \cdot 6 \cdot 18 = 1827{,}36\ Вт.$

Число світильників на дільниці становить:

$N = P_Д/n \cdot P_Л = 1827{,}36/4 \cdot 40 = 11{,}4,$

де n — число ламп у світильнику;

$P_Л$ — потужність однієї лампи.

Приймаємо 12 світильників (2 ряда по 6 в кожному).

Точковий метод. В цьому методі початково приймається, що світловий потік лампи в кожному світильнику рівний 1000 *лм*. Освітленість, яка створюється в такому випадку називається умовною і позначається e. Величина e залежить від світлорозподілу світильника та геометричних розмірів d та h (рис. 3.16).

Для визначення e слугують просторові ізолюкси умовної горизонтальної освітленості, деякі з яких представлені на рис. 3.17—3.21. За заданими значеннями d та h на ізолюксах для відповідного типу світильника знаходять значення e шляхом інтерполяції між значеннями, що належать найближчим ізолюксам.

Нехай сумарна дія "найближчих" світильників створює в контрольній точці умовну освітленість $\sum e$; дію більш віддалених світильників та відбиту складову освітленості наближено врахуємо коефіцієнтом μ. Тоді для того, щоб отримати в цій точці нормовану освітленість E при заданому коефіцієнті запасу $K_з$, лампи в кожному світильнику повинні мати світловий потік рівний:

$$\Phi_Л = \frac{1000EK_з}{\mu \sum e}. \qquad (3.15)$$

По цьому світловому потоку і обирається за таблицями найближча стандартна лампа. Слід мати на увазі, що фактичний світловий потік стандартної лампи не повинен відрізнятись від розрахункового більше ніж на −10 чи +20%. Якщо вибрати лампу з таким допуском неможливо, то необхідно змінити розміщення світильників.

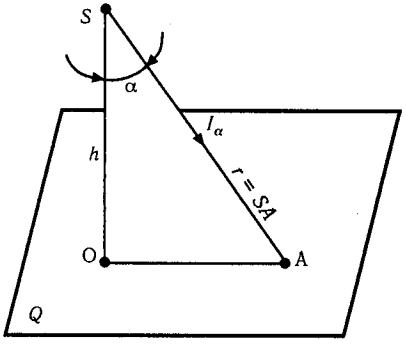


Рис. 3.16. Освітленість точки А, що належить горизонтальній площині Q, точковим джерелом світла S

Формулу 3.15 можна використовувати також для визначення освітленості заданої точки (E_A) при відомому світловому потоці лампи $\Phi_Л$.

Одним із основних питань, що виникають при розрахунку точковим методом є правильний вибір контрольної точки. Оскільки чинні норми (галузеві чи СНиП) регламентують мінімальні значення освітленості, які повинні бути забезпечені на всіх ділянках поверхні, що освітлюється, а також враховуючи неминучу нерівномірність розподілу освітленості в реальних умовах, необхідно контрольною точкою обирати точку передбачуваного мінімуму освітленості. Така точка, як правило, знаходиться посередині поля або ж посередині однієї із сторін крайнього поля — простору, обмеженого чотирма найближчими світильниками; при цьому виключаються із розгляду, як нехарактерні, точки, що знаходяться біля стін або в кутках приміщення.

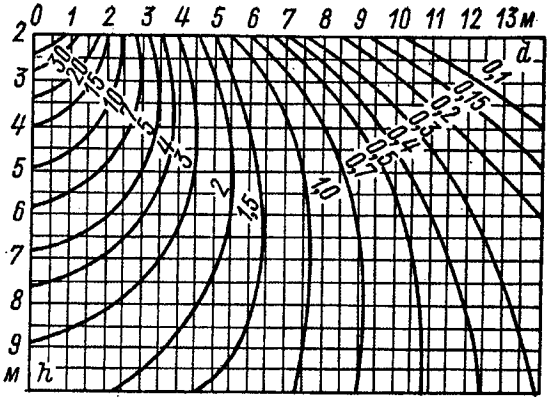


Рис. 3.17. Просторові ізолюкси умовної горизонтальної освітленості. Світильники У, УПМ15, УП-24, "Астра-1, 11, 12"

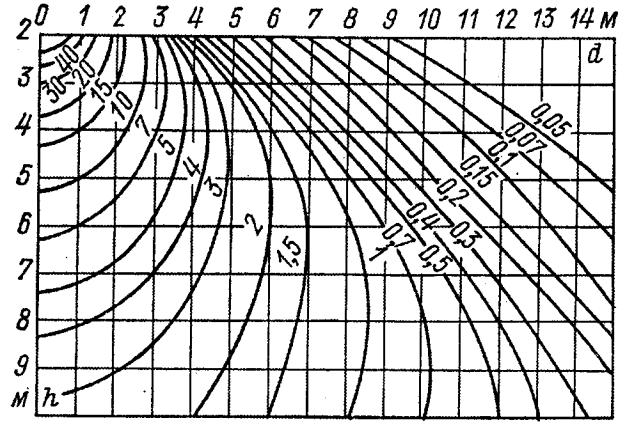


Рис. 3.18. Просторові ізолюкси умовної горизонтальної освітленості. Світильники УПД

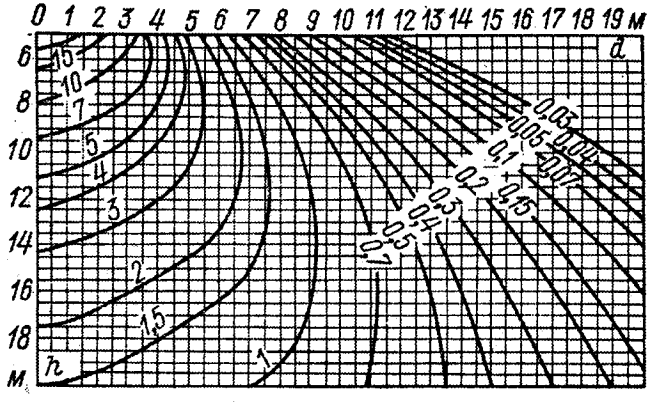


Рис. 3.19. Просторові ізолюкси умовної горизонтальної освітленості. Світильники Гс, ГсУ

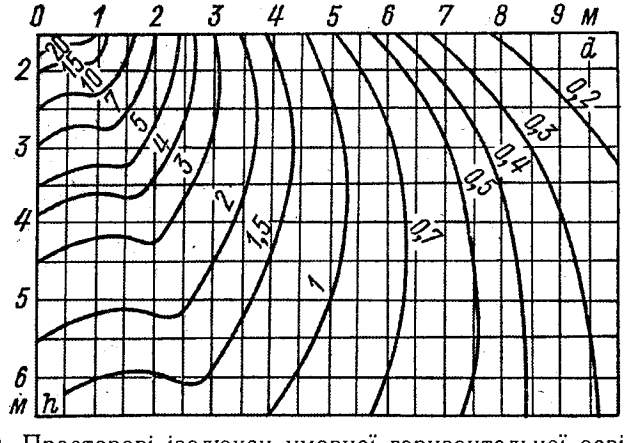


Рис. 3.20. Просторові ізолюкси умовної горизонтальної освітленості. Світильники НСП02, НСП03

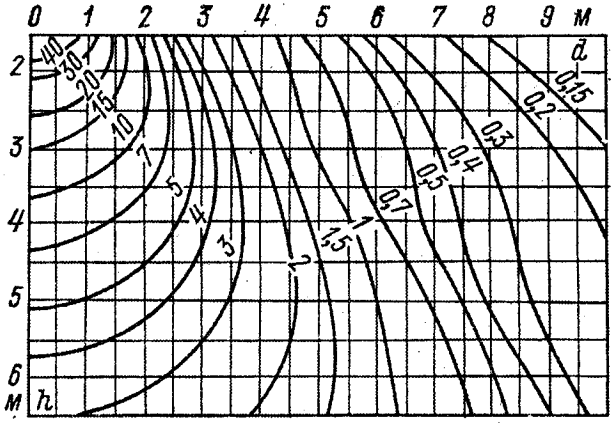


Рис. 3.21. Просторові ізолюкси умовної горизонтальної освітленості. Світильник ПО-21

Друге запитання, яке виникає при точковому методі розрахунку — яку кількість світильників необхідно враховувати при визначенні $\sum e$. Природно, що відповідь на це питання залежить від світлорозподілу світильників і відносної відстані між ними. Частіше всього враховують дію світильників з трьох найменших відстаней d до контрольної точки. В загальному ж, чим менше L/h і чим ширший світлорозподіл світильників, тим більше значення відіграють "дальні" світильники і тим ретельніше слід враховувати їх дію.

Коефіцієнт μ може приймати значення від 1,0 до 1,2 для світильників прямого світла залежно від коефіцієнта відбиття поверхонь приміщення. При використанні світильників розсіяного світла відбита складова освітленості може помітно зростати тому її необхідно враховувати окремо від прямої складової, використовуючи методи, розглянуті раніше.

Приклад 3.5. В приміщенні, частина якого показана на рис. 3.22 необхідно забезпечити освітленість E = 50 *лк* при $K_з$ = 1,3. Світильники УПД підвішені на висоті h = 3 *м*. Розміри полів 6х4 *м*.

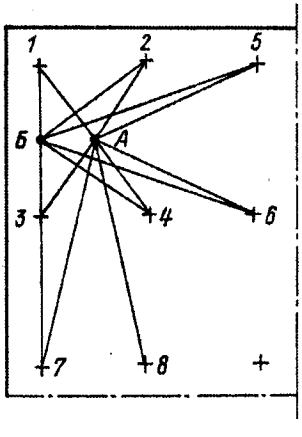


Рис. 3.22. План розміщення світильників та контрольних точок

Відстані d визначаємо за масштабним планом. Значення e визначаємо за графіком (рис. 3.18). Розрахунки зводимо в табл. 3.37.

Таблиця 3.37

До розрахунку прикладу 3.5

Контрольна точка	Номер світильника	Відстань d, *м*	Умовна освітленість, *лк*	
			від одного світильника	від всіх світильників
А	1, 2, 3, 4	3,6	5,6	22,4
	5, 6	6,7	0,4	0,8
	7, 8	9,2	0,1	0,2
				$\sum e = 23,4$
Б	1, 3	3	8,0	16,0
	2, 4	5	1,8	3,6
	5, 6	8,5	0,15	0,3
	7	9	0,1	0,1
				$\sum e = 20,0$

Найгірше освітлюється точка Б, тому саме для неї визначаємо необхідний світловий потік лампи (світильника), прийнявши $\mu = 1,1$:

$$\Phi_л = \frac{1000EK_з}{\sum e\mu} = \frac{1000 \cdot 50 \cdot 1,3}{20 \cdot 1,1} = 2950 \text{ } лм.$$

За табл. 3.27 вибираємо лампу Б-200 потужністю 200 *Вт*.

Лінії, що світяться. Джерела світла, довжина яких перевищує половину розрахункової висоти h, розглядаються як лінії, що світяться. На практиці, при проведенні світлотехнічних розрахунків лініями, що світяться, як правило, вважаються лінії, утворені світильниками з люмінесцентними лампами. Такі лінії характеризуються поздовжньою та поперечною кривими сили світла елементів, які утворюють лінію та лінійною щільністю світлового потоку ламп Φ'. Поперечна крива задається даними з каталогів. Поздовжня крива часто характеризується параметром m, оскільки розрахунок лінійних ізолюксів базується на апроксимації поздовжніх КСС люмінесцентних світильників формулою $I_\alpha = I_0 \cos^m \alpha$. Для світильників з розсіювачами наближено можна рахувати m рівним 1,25, а для світильників з екрануючими решітками, які створюють у поздовжній площині захисні кути 15–30–45°, — m рівним 1,5–2,0–3,0 відповідно.

Щільність світлового потоку визначається відношенням сумарного потоку ламп в лінії Φ до її довжини L. Якщо ж лінія має рівномірно розподілені розриви довжиною λ ($\lambda < 0,5\,h$), то

$$\Phi' = \frac{\Phi}{l + \lambda}, \tag{3.16}$$

де Φ — світловий потік лампи в суцільному елементі довжиною l.

При $\lambda > 0{,}5\ h$ рекомендується вести розрахунки окремо для кожної суцільної ділянки лінії.

Розрахункові графіки та таблиці дозволяють визначити відносну освітленість e ($\Phi' = 1000$ *лм/м* і $h = 1$ *м*) при умові, що розрахункова точка знаходиться навпроти кінця лінії, що світиться. Освітленість інших точок визначається шляхом поділу лінії на частини, або ж доповнення їх уявними відрізками, освітленість яких потім віднімається (рис. 3.23).

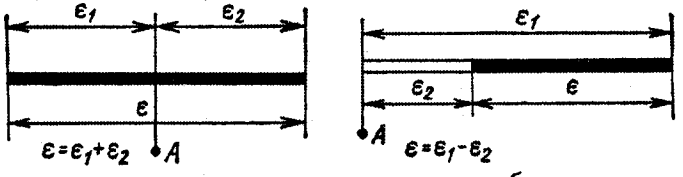


Рис. 3.23. Освітленість точок, які не знаходяться навпроти кінця ліній

При загальному рівномірному освітленні контрольні точки, як правило, вибираються посередині між рядами світильників.

При значній довжині лінії (починаючи десь з $2h$) досить помітно дається взнаки зменшення освітленості від кінців ліній. Для компенсації цього достатньо продовжити лінію на $0{,}5\ h$ за межі поверхні, що освітлюється, або на такій же довжині біля меж цієї поверхні здійснити подвоєння значення Φ', чи доповнити поздовжні ряди світильників поперечними, що їх замикають. Застосувавши один із наведених вище заходів можна підвищити точність розрахунку освітленості контрольної точки, що знаходиться посередині рядів.

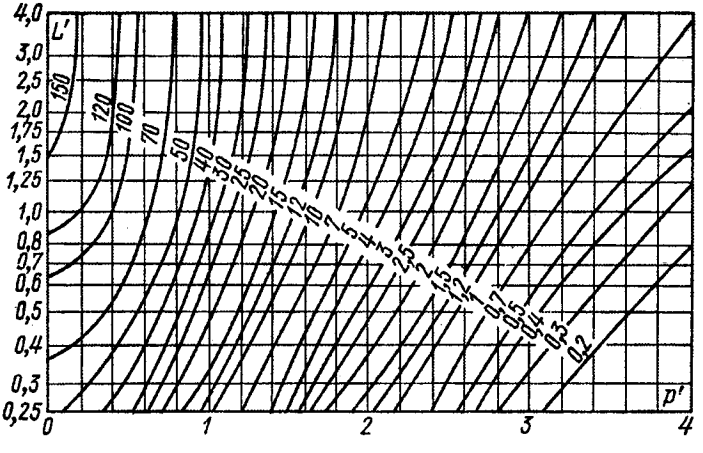


Рис. 3.24. Лінійні ізолюкси для світильників ЛОУ1ПЗ-2х40/1001

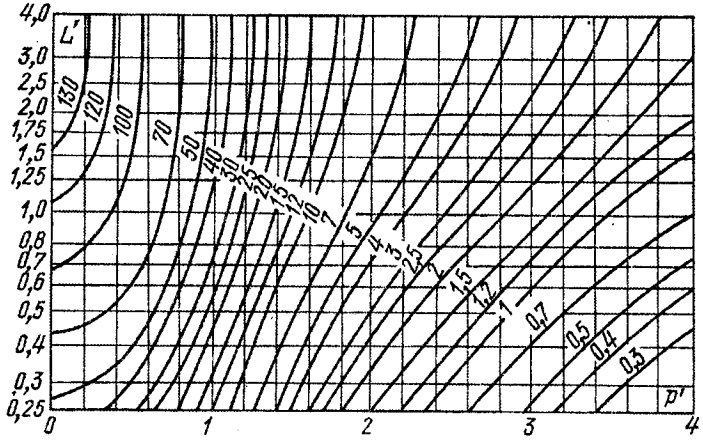


Рис. 3.25. Лінійні ізолюкси світильників ПВЛМ-Р з лампами ЛБ

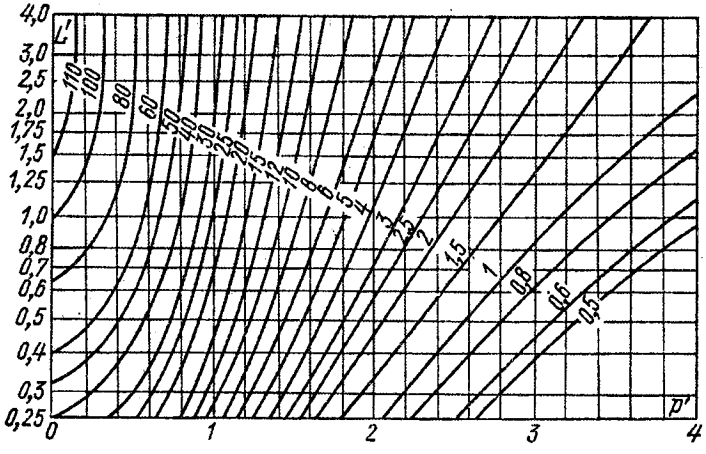


Рис. 3.26. Лінійні ізолюкси для світильників ШОД

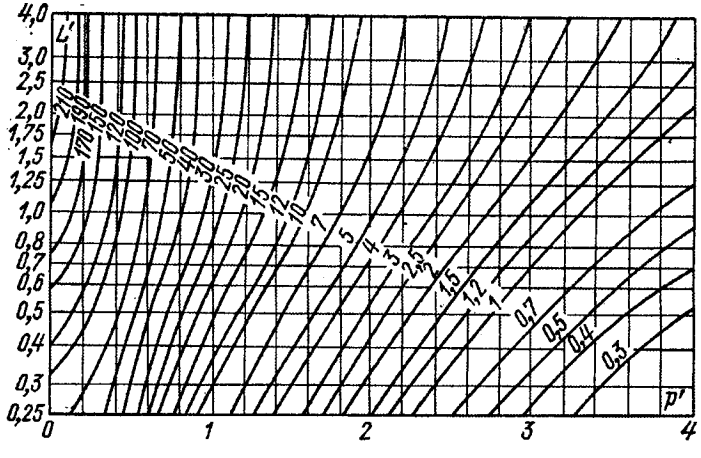


Рис. 3.27. Лінійні ізолюкси для світильників УВЛН6, УВЛВ6

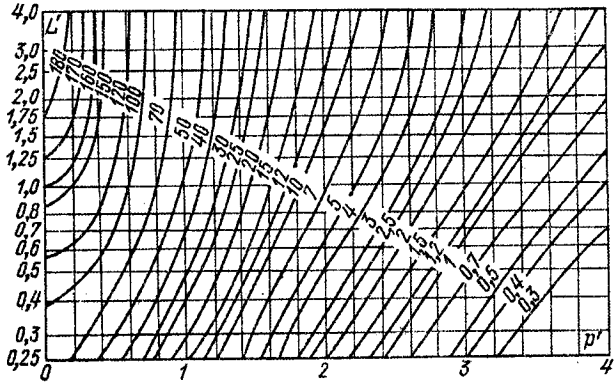


Рис. 3.28. Лінійні ізолюкси для світильників ЛДР з лампами ЛБ

Для визначення ε найбільш зручними є графіки лінійних ізолюксів, методика побудови яких розроблена Г. М. Кнорингом. На рис. 3.24—3.28 наведені лінійні ізолюкси деяких найбільш розповсюджених світильників.

За відомими значеннями p, h, L (рис. 3.29) визначають співвідношення $p' = p/h$ та $L' = L/h$ і за відповідним графіком ізолюксів знаходять значення ε. Лінії для яких $L' > 4$, при розрахунках практично можуть розглядатись як нескінченно довгі. Підсумовуючи значення ε від всіх ділянок, що створюють освітленість у розрахунковій точці, визначають $\sum\varepsilon$. З урахуванням відбиття світла, що визначається коефіцієнтом μ (μ = 1,1—1,15), знаходять необхідну лінійну щільність потоку:

$$\Phi' = \frac{1000EK_3h}{\mu\sum\varepsilon}. \qquad (3.17)$$

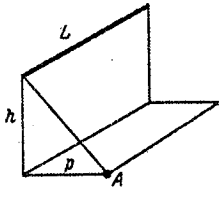


Рис. 3.29. Параметри, які визначають положення лінії, що світиться відносно контрольної точки

Формула (3.17) може також використовуватись для визначення E при заданому Φ'.

Приклад 3.6. Необхідно розрахувати освітлювальну установку, що показана на рис. 3.30 при найменшій освітленості E = 300 *лк* та K_3= 1,5. Лінії утворені світильниками типу ЛДР з лампами ЛБ. Висота світильників над розрахунковими поверхнями становить h = 4 *м*.

Точка А освітлюється шістьма відрізками ліній ("піврядами"), що пронумеровані числами 1—6. Визначені з рис. 3.30 значення p та L, підраховані p' та L', знайдені за таблицею ізолюксів (рис. 3.28) значення ε наведені в табл. 3.38.

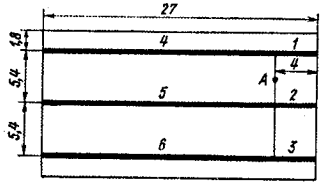


Рис. 3.30. Розміщення контрольної точки відносно світильників

До прикладу 3.6

Таблиця 3.38

Півряд	p	L	p'	L'	ε
1 та 2	2,7	4	0,67	1	2x87
3	8,1	4	2,0	1	7
4 та 5	2,7	23	0,67	∞	2x115
6	8,1	23	2,0	∞	14
					$\sum\varepsilon = 425$

Приймаючи $\mu = 1{,}1$, знаходимо необхідну лінійну щільність потоку:

$$\Phi' = \frac{1000EK_3h}{\mu\sum\varepsilon} = \frac{1000 \cdot 300 \cdot 1{,}5 \cdot 4}{1{,}1 \cdot 425} = 3850\ лм/м.$$

В кожному ряді повний світловий потік ламп повинен складати $\Phi = \Phi' \cdot L = 3850 \cdot 27 = 104\ 000\ лм$. Якщо прийняти світильники з двома лампами ЛБ-40, то необхідна кількість світильників у ряді буде рівна $N = 104\ 000/2 \cdot 3\ 200 = 16$.

Враховуючи, що довжина світильника приблизно дорівнює 1,2 м загальна довжина світильників у ряді буде близько 19 *м*. Таким чином світильники розміщуються в ряді рівномірно з розривами приблизно 0,5 *м*. При використанні ламп більшої потужності (наприклад ЛБ-80) розриви між світильниками були б більшими.

Приклад 3.7. Над робочим столом на висоті $h = 1$ *м* встановлено світильник типу ПВЛМ-Р з двома лампами ЛБ-40 ($\Phi_{CB} = 2 \cdot 3\ 200 = 6\ 400\ лм$; $L = 1{,}2$ *м*). Визначити освітленість у трьох характерних точках А1, А2, А3 за таких умов: $p = 0{,}5$ *м*; $L_{CD} = 0{,}4$ *м*; $L_{DE} = 0{,}4$ *м* (рис. 3.31).

Знаходимо значення $p' = \frac{p}{h} = \frac{0{,}5}{1{,}0} = 0{,}5$.

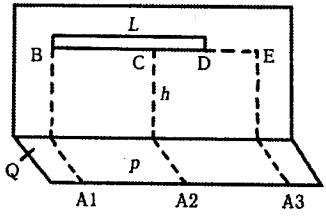


Рис. 3.31. До прикладу 3.7

Значення L' для різних відрізків лінії, що світиться та відповідні значення ε (рис. 3.25) наведені в табл. 3.39.

Таблиця 3.39

До прикладу 3.7

Параметр	Відрізки лінії, що світиться				
	BC	CD	BD	BE	DE
L'	0,8	0,4	1,2	1,6	0,4
ε	80	50	95	100	50

Визначимо відносну освітленість розрахункових точок:

$\varepsilon_{A1} = \varepsilon_{BD} = 95;$

$\varepsilon_{A2} = \varepsilon_{BC} + \varepsilon_{CD} = 80 + 50 = 130;$

$\varepsilon_{A3} = \varepsilon_{BE} - \varepsilon_{DE} = 100 - 50 = 50.$

Підставивши у формулу $E = \dfrac{\varepsilon \Phi_{CB}}{1000 K_3 h}$ відповідні значення, визначимо освітленність у розрахункових точках, що належить площині стола Q: $E_{A1} = 405$ *лк*; $E_{A2} = 555$ *лк*; $E_{A3} = 213$ *лк*.

3.5. ЗАГАЛЬНА СХЕМА ПРОЕКТУВАННЯ СИСТЕМ ШТУЧНОГО ОСВІТЛЕННЯ (на прикладі методу світлового потоку)

При проектуванні систем штучного освітлення необхідно визначити наступне:

1. Систему освітлення і тип джерела світла, враховуючи особливості зорової роботи (відповідно до положень п. 3.4.2).

2. Розряд та підрозряд роботи, а також величину нормованої освітленості ($E_н$) залежно від найменшого лінійного розміру об'єкта розпізнавання, контрасту між об'єктом розпізнавання і фоном, характеристики фону, типу системи освітлення і джерела світла (табл. 3.1).

3. Клас вибухопожежонебезпеки згідно ПВЕ (Правил влаштування електроустановок).

4. Характеристику приміщення за ступенем небезпеки ураження людини електричним струмом згідно ПВЕ.

5. Характеристику приміщення за умовами оточуючого середовища.

6. Конструктивне виконання (необхідний ступінь захисту) світильників за класом вибухопожежонебезпеки та умовами середовища в приміщенні (табл. 3.16 та 3.17).

7. Світлотехнічну характеристику світильника (клас світлорозподілення та тип КСС) враховуючи розміри та характер обробки приміщення, що освітлюється.

8. Необхідний тип світильника з урахуванням вимог: пов'язаних з характеристикою оточуючого середовища, світлотехнічних, економічних, естетичних (можна скористатись табл. 3.18 та 3.19).

9. Марку провода чи кабеля та тип проводки (табл. 3.20 та 3.21).

10. Висоту h розташування (підвісу) світильників над робочими поверхнями чи підлогою, відповідно до вимог табл. 3.22 та 3.23.

11. За вибраним типом світильника (його КСС) визначаємо найбільш вигідне відношення відстані L між сусідніми світильниками (або рядами) до висоти h їхнього розташування над робочими поверхнями (табл. 3.13).

12. Відстань L між сусідніми світильниками (рядами) за прийнятим відношенням L/h.

13. Відстань L_1 від стіни до першого ряду світильників (рис. 3.32): при наявності робочих місць біля стіни $L_1 = 0{,}3L$, при їх відсутності $L_1 = 0{,}5L$.

14. Відстань L_2 між крайніми рядами світильників по ширині приміщення: $L_2 = b - 2L_1$.

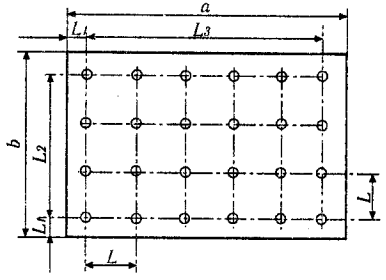


Рис. 3.32. Розрахункова схема
для визначення розташування світильників у приміщенні (вид зверху)

15. Число рядів, які можна розташовувати між крайніми рядами по ширині приміщення: $n_{р.ш.} = L_2/L - 1$.

16. Загальне число рядів світильників по ширині приміщення: $n_{ш.} = n_{р.ш.} + 2$.

17. Відстань L_3 між крайніми рядами світильників по довжині приміщення: $L_3 = a - 2L_1$.

18. Число рядів світильників, які можна буде розташувати між крайніми рядами по довжині: $n_{р.д.} = L_3/L - 1$.

19. Загальне число рядів світильників по довжині: $n_{д.} = n_{р.д.} + 2$.

20. Загальне число світильників, яке необхідно встановити по площі приміщення: $N = n_ш \cdot n_д$. Для наближеного визначення значення N можна скористатись формулою $N = ab/L^2$.

21. Коефіцієнти відбиття стелі ($\rho_{СТЕЛІ}$) та стін ($\rho_{СТІН}$) за характером обробки (пофарбування інтер`єру) приміщення (табл. 3.8—3.10).

22. Показник приміщення i (формула 3.11).

23. Коефіцієнт використання світлового потоку η для вибраного типу світильника за показником приміщення i та коефіцієнтами відбиття стелі ($\rho_{СТЕЛІ}$) та стін ($\rho_{СТІН}$) (табл. 3.25 та 3.26).

24. Коефіцієнт запасу $K_З$ (табл. 3.24).

25. Розрахунковий світловий потік однієї лампи світильника $\Phi_Л$ (формула 3.10).

26. За визначеним $\Phi_Л$ вибираємо найближчу за значеннями стандартну лампу та визначаємо її потужність $P_Л$ (табл. 3.27, 3.28).

27. Дійсну освітленість за світловим потоком прийнятої стандартної лампи і перевіряємо стосовно допустимого відхилення (від —10% до +20% $E_Н$).

28. Загальну потужність освітлювальної установки $\sum P_{СВ}$.

Розділ 4

БОРОТЬБА З ШУМОМ

В наш час експлуатація переважної більшості технологічного обладнання, енергетичних установок, машин та механізмів пов'язана з виникненням шумів та вібрації різної частоти та інтенсивності, котрі справляють несприятливий вплив на організм людини.

Шум може тимчасово активізувати або постійно пригнічувати психічні процеси організму людини. Фізіо- та біологічні наслідки можуть проявлятись у формі порушення функцій слуху та інших аналізаторів, зокрема вестибулярного апарату, координуючої функції кори головного мозку, нервової системи, систем травлення і кровообігу.

Встановлено, що втрата слуху настає при впливі шуму в діапазоні частот 3000—6000 *Гц*, а порушення розбірливості мови — при частотах 1000—2000 *Гц*. Найбільша втрата слуху має місце протягом перших десяти років роботи і з плином часу ця небезпека зростає.

Несподівані та імпульсні шуми можуть викликати переляк та неадекватну поведінку. Постійний шум може справляти певну дію на сенсорні функції знижуючи, наприклад, швидкість руху очей, звуження поля зору, викликаючи зміну кольорового сприйняття, порушення рівноваги, втрату больової чутливості.

Індивідуальні особливості людини, пов'язані з різними психологічними реакціями на вплив шуму, суттєво впливають на його сприйняття.

Шум не лише погіршує самопочуття людини і знижує продуктивність праці на 10—15%, але нерідко призводить до професійних захворювань.

Матеріальні збитки від цих захворювань значно більші, ніж від інших професійних захворювань. У зв'язку з цим боротьба з шумом має не лише санітарно-гігієнічне, але й велике техніко-економічне значення.

Все це переконує в необхідності розробки комплексу інженерно-технічних та організаційних заходів щодо зниження шуму до нормативних значень.

4.1. ВИЗНАЧЕННЯ РІВНІВ ЗВУКОВОГО ТИСКУ В РОЗРАХУНКОВИХ ТОЧКАХ

Розрахункові точки на території забудови вибирають за генеральним планом, а всередині будівель — за технологічним плануванням.

Для джерел, котрі випромінюють шум у навколишнє середовище, розрахункові точки вибираються на віддалі 2 *м* від площини вікон найближчих будівель, орієнтованих в бік джерел шуму, на висоті 1,2 *м* від поверхні землі.

Якщо шум випромінюється в приміщення або джерело шуму знаходиться в приміщенні з нормованим рівнем шуму, то розрахункові точки вибирають всередині приміщення.

Всередині приміщення вибирають одну або дві точки: на робочому місці, розташованому в зоні дії відбитого звуку, і в зоні дії відбитого та прямого звуку. В обох випадках розрахункові точки повинні бути розташовані на рівні вуха працівника (на висоті 1,2—1,5 *м* від підлоги).

Якщо джерела шуму та розрахункові точки розташовані на території (рис. 4.1), то очікувані рівні звукового тиску L_i визначаються за формулою

$$L_i = L_{pi} - 20\lg r_i + 10\lg\frac{\Phi_i}{4\pi} - \frac{\beta_a r_i}{1000}, \text{ дБ}, \qquad (4.1)$$

де L_{pi} — рівень звукової потужності розглядуваного джерела шуму, *дБ*;

Φ_i — фактор спрямованості джерела шуму (безрозмірний);

r_i — відстань від джерела шуму до розрахункової точки, *м*;

i — номер джерела;

β_a — затухання звуку в атмосфері, *дБ/км*, береться за табл. 4.1.

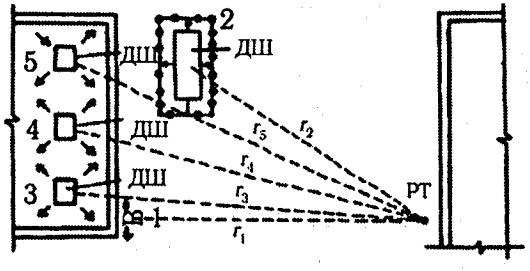


Рис. 4.1. Схема розміщення розрахункової точки РТ і джерел шуму ДШ: 1—5 номери джерел шуму; r — відстань від джерела шуму до розрахункової точки

Таблиця 4.1

Затухання звуку в атмосфері

Середньогеометрична частота, *Гц*	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
β_a, *дБ/км*	0	0,7	1,5	3	6	12	24	48

Примітка: При відстані $r_i < 50$ *м*, затухання в атмосфері не враховується.

Фактор напрямленості Φ характеризує нерівномірність випромінювання джерела шуму в різних напрямках:

$$\Phi = \frac{p_r^2}{p_{r.усер.}^2}, \qquad (4.2)$$

де p_r — звуковий тиск на віддалі r від джерела шуму в певному напрямку, *Па* ($Н/м^2$);

$p_{r.усер.}$ — звуковий тиск на віддалі r від джерела при рівномірному випромінюванні у всі сторони, *Па* ($Н/м^2$).

При розташуванні джерела з рівномірним випромінюванням на відбиваючій поверхні $\Phi = 2$. При розташуванні такого джерела біля двогранного кута $\Phi = 4$; поблизу тригранного кута $\Phi = 8$.

Якщо джерела шуму розташовані в будівлі, а розрахункові точки — на території і шум в атмосферу проникає через огороджувальні конструкції (рис. 4.2), то очікувані рівні звукового тиску визначаються для кожного елемента огородження (стіни, перекриття, вікна, двері, пройми тощо), через котрі проникає шум, за формулами

$$L_i = L_{Pсум} - \Delta L_{Pi} - 20\lg r_i - \frac{\beta_a r_i}{1000} - 5\ дБ; \qquad (4.3)$$

$$\Delta L_{Pi} = 10\lg Bш - 10\lg S_i + R_i\ дБ, \qquad (4.4)$$

де $L_{Pсум} = 10\lg \sum_{k=1}^{m} 10^{0,1L_{Pk}}$ — сумарний октавний рівень звукової потужності всіх джерел шуму, котрі знаходяться в розглядуваному приміщенні, *дБ*; визначається за табл. 4.2.

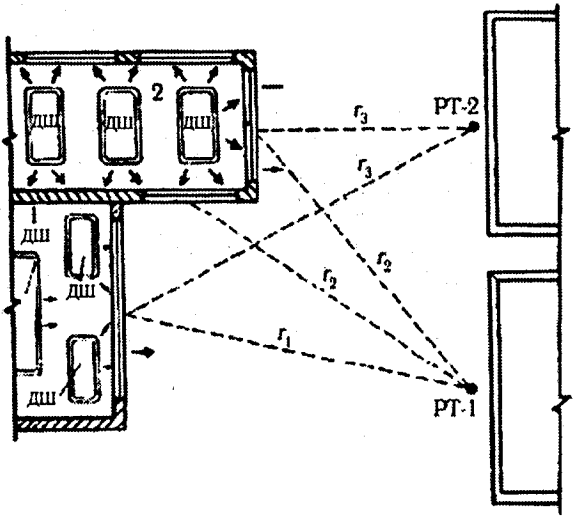


Рис. 4.2. Схема розміщення розрахункових точок РТ і джерел шуму ДШ: 1, 2 — номери приміщень з джерелами шуму; r — відстань від центра огородження, що випромінює шум, до розрахункової точки

Таблиця 4.2

Таблиця додавання рівнів звукової потужності або звукового тиску

Різниця двох додаваних рівнів	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	15	20
Добавка до більш високого рівня, необхідна для отримання сумарного рівня, *дБ*	3	2,5	2,0	1,8	1,5	1,2	1,0	0,8	0,6	0,5	0,4	0,2	0

Користуючись таблицею, необхідно послідовно додавати рівні, починаючи з максимального. Спочатку визначають різницю двох додаваних рівнів, потім — добавку до більш високого з додаваних рівнів. Після цього добавку слід додати до більшого з додаваних рівнів;

$L_{Рк}$ — октавний рівень звукової потужності, випромінюваної кожним джерелом шуму, *дБ*;

m — загальна кількість джерел шуму в приміщенні;

ΔL_i — зниження рівня звукової потужності на шляху поширення звуку, *дБ*;

$B_ш$ — постійна приміщення з джерелами шуму.

Постійну приміщення B визначають множенням постійної приміщення на середньогеометричній частоті 1000 *Гц* (B_{1000}) на частотний множник μ ($B = B_{1000} \cdot \mu$). Постійна приміщення B_{1000} визначається за графіком (рис. 4.3). Вибір індекса прямої (а—г) при користуванні графіком здійснюється за табл. 4.3, а частотний множник — за табл. 4.4.

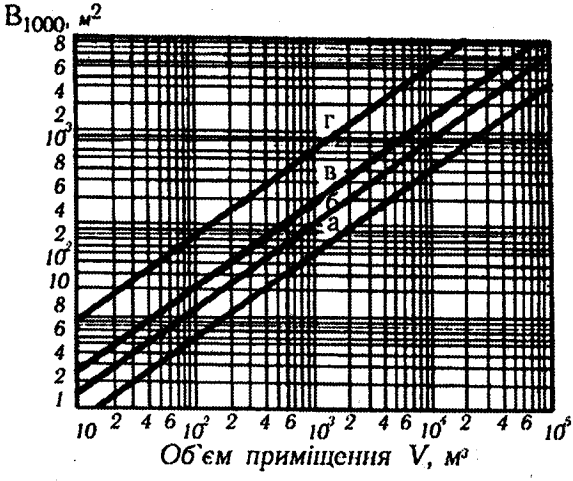


Рис. 4.3. Графік для визначення постійної приміщення B_{1000}

Таблиця 4.3

Вибір індекса прямої на рис. 4.3.

Опис приміщення	Індекс прямої на рис. 4.3
1	2
Без меблів, з невеликою кількістю людей (металообробні цехи, вентиляційні камери, генераторні, машинні зали, випробувальні стенди і т. п.).	а
З жорсткими меблями або з невеликою кількістю людей і м'якими меблями (лабораторії, ткацькі та деревообробні цехи, кабінети і т. п.).	б

Продовження табл. 4.3

1	2
З великою кількістю людей і м`якими меблями (робочі приміщення адміністративних споруд, конструкторські зали, аудиторії, ресторани, універмаги, приміщення аеропортів та зали очікування, номери готелів, шкільні класи, бібліотеки, житлові приміщення).	в
Приміщення із звукопоглинальним облицюванням стелі та частини стін.	г

Таблиця 4.4

Частотний множник μ

Об`єм приміщення, $м^3$	Середньогеометрична частота, *Гц*							
	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
$V \le 200$	0,8	0,75	0,7	0,8	1	1,4	1,8	2,5
$V = 200 + 500$	0,65	0,62	0,64	0,75	1	1,5	2,4	4,2
$V > 500$	0,5	0,5	0,55	0,7	1	1,6	3	6

S_i — площа розглядуваного огородження або окремого елемента огородження, через котрі шум проникає в атмосферу, $м^2$;

R_i — звукоізолювальна здатність розглядуваного огородження або елемента огородження, через котрі шум проникає в атмосферу, $м^2$;

r_i — відстань від центру кожного зі звернених до розрахункової точки елементів огородження, через котрі проникає шум, *м*.

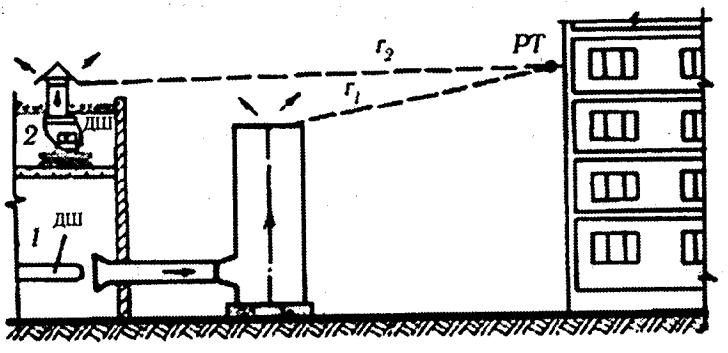


Рис. 4.4. Схема розташування розрахункової точки РТ і джерел шуму ДЖ:
1, 2 — номери джерел шуму; г — відстань від центру отвору, що випромінює шум, до розрахункової точки

Якщо джерела шуму розташовані в приміщенні, а розрахункові точки на території і шум поширюється по каналах та випромінюється в атмосферу через вихідні отвори (рис. 4.4—4.6), то очікувані рівні звукового тиску L_i від кожного джерела визначаються за формулою

$$L_i = L_{Pi} - \Delta L_{Pi} - 20\lg r_i + 10\lg\frac{\Phi_i}{4\pi} - \frac{\beta_a r_i}{1000}, \ дБ, \qquad (4.5)$$

де L_{Pi} — октавний рівень звукової потужності розглядуваного джерела шуму, *дБ*;

ΔL_{Pi} — зниження октавного рівня звукової потужності на шляху поширення шуму від джерела до вихідного отвору, *дБ*;

r_i — відстань від центру площини вихідного отвору до розрахункової точки, *м*;

Φ — фактор напрямленості вихідного отвору: при відсутності даних $\Phi_i = 2$.

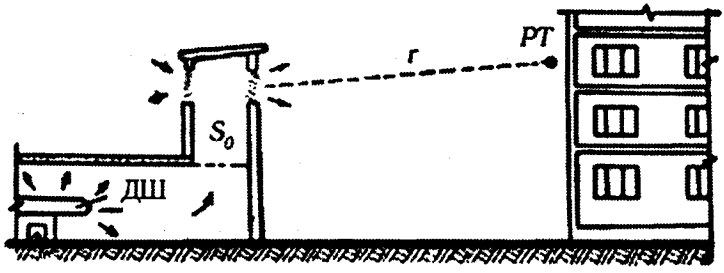


Рис. 4.5. Схема розміщення розрахункової точки РТ та джерел шуму ДШ:
r — відстань від центру отвору, що випромінює шум, до розрахункової точки

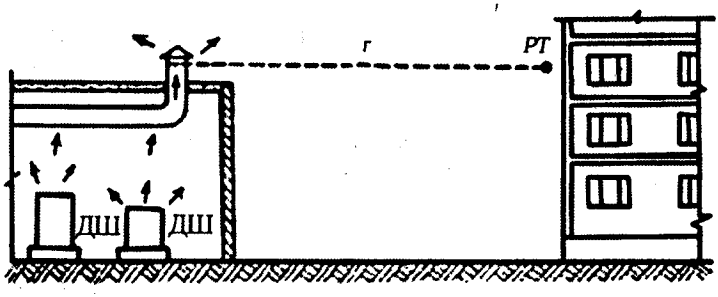


Рис. 4.6. Схема розміщення розрахункової точки РТ та джерел шуму ДШ:
r — відстань від центру отвору, що випромінює шум, до розрахункової точки

Величина ΔL_{Pi} визначається за формулами для наступних випадків, що найчастіше зустрічаються на практиці:

а) джерело випромінює шум безпосередньо в канал (рис. 4.4)

$$\Delta L_{Pi} = \sum_{k=1}^{m} \Delta L_{Pk}, \ дБ, \qquad (4.6)$$

де ΔL_{Pk} — зниження октавного рівня звукової потужності в послідовно розташованих елементах траси (прямі ділянки, повороти, вихідні отвори, решітки тощо), що визначається за графіками та таблицями, *дБ*;

m — число елементів траси, в котрих враховується зниження рівнів звукової потужності;

б) джерела шуму розташовані в приміщенні, з котрого шум проникає через вхідний отвір у канал і далі випромінюється в атмосферу через вихідні отвори (решітки) (рис. 4.5)

$$\Delta L_{Pi} = 10\lg B_{Ш} - 10S_0 + \sum_{k=1}^{m} \Delta L_{Pk}, дБ, \qquad (4.7)$$

де S_0 — площа вхідного каналу (решітки) в приміщенні з джерелами шуму, $м^2$;

$B_{Ш}$ — постійна приміщення, в котрому знаходяться джерела шуму, $м^2$;

в) джерела шуму розташовані в приміщенні, з котрого шум проникає в канал через стінки і потім випромінюється в атмосферу через вихідні отвори (рис. 4.6)

$$\Delta L_{Pi} = 10\lg B_{Ш} - 10\lg S_{КАН} + R_{КАН} + 3 + \sum_{k=1}^{m} \Delta L_{Pk}, дБ, \qquad (4.8)$$

де $S_{КАН}$ — площа зовнішньої поверхні стінок каналу (повітропроводу) в межах шумного приміщення, $м^2$;

$R_{КАН}$ — звукоізолювальна здатність стінок каналу, дБ;

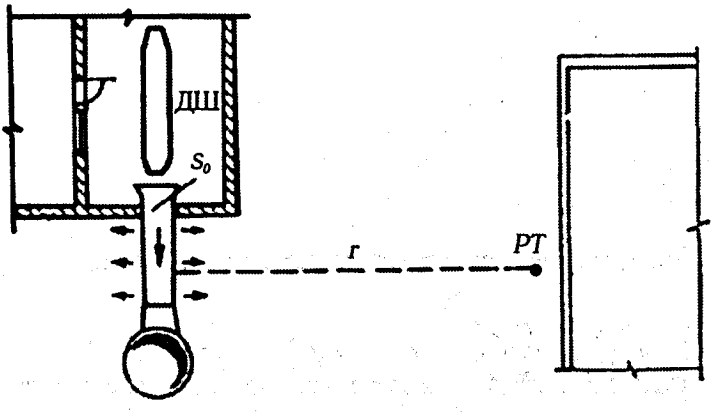


Рис. 4.7. Схема розміщення розрахункової точки РТ та джерела шуму ДШ:
r — відстань від центру випромінюючої поверхні до розрахункової точки; S_0 — площа перерізу каналу

Якщо джерела розташовані в приміщенні і випромінюють шум безпосередньо в канал і далі через стінки каналу в атмосферу (рис. 4.7), то очікувані рівні звукового тиску L_i розраховуються за формулою 4.3. Зниження октавних рівнів звукової потужності на шляху поширення звуку Δp_i визначається за формулою

$$\Delta L_{Pi} = \Delta L'_{Pi} - 10\lg\frac{S_{КАН}}{S_0} + R_{КАН} - 10\lg\left(1 + 10^{-0{,}1\Delta L}\right) + 3, дБ, \qquad (4.9)$$

де $\Delta L'_{Pi}$ — зниження рівня звукової потужності на шляху поширення звуку між джерелами шуму та початковим перетином ділянки каналу, що випромінює шум в атмосферу, дБ; визначається за формулою 4.6;

S_0 — площа поперечного перетину каналу, $м^2$;

$S_{КАН}$ — площа зовнішньої поверхні стінок каналу, $м^2$;
$R_{КАН}$ — звукоізолювальна здатність стінок каналу, $дБ$;
ΔL — зниження рівня звукової потужності на розглядуваній ділянці канала, $дБ$.

Якщо джерела шуму розташовані в суміжному з ізольованим приміщенням, а шум проникає в ізольоване приміщення через огороджувальні конструкції (рис. 4.8), то очікувані рівні звукового тиску L_i в розрахунковій точці визначаються за формулами

$$L_i = L_{Pсум} - \Delta L_{Pi} - 10\lg B_i + 6, дБ, \quad (4.10)$$

$$\Delta L_{Pi} = 10\lg B_{Ш} - 10\lg S_i + R_i, дБ, \quad (4.11)$$

де $L_{Pсум} = 10\lg \sum_{k=1}^{m} 10^{0,1L_{Pk}}$ — загальний (сумарний) октавний рівень звукової потужності, випромінюваний всіма джерелами, що знаходяться в розглядуваному шумному приміщенні, дБ; визначається за табл. 4.2;

m — загальна кількість джерел у шумному приміщенні, що граничить з ізольованим;

B_i і $B_{Ш}$ — відповідно постійні ізольованого і розглядуваного приміщень у даній октавній смузі частот, $м^2$;

S_i — площа розглядуваного огородження або елемента огородження, через котрі шум проникає в ізольоване приміщення, $м^2$;

R_i — звукоізолювальна здатність розглядуваного огородження або елемента огородження, через котрі шум проникає в ізольоване приміщення, $дБ$.

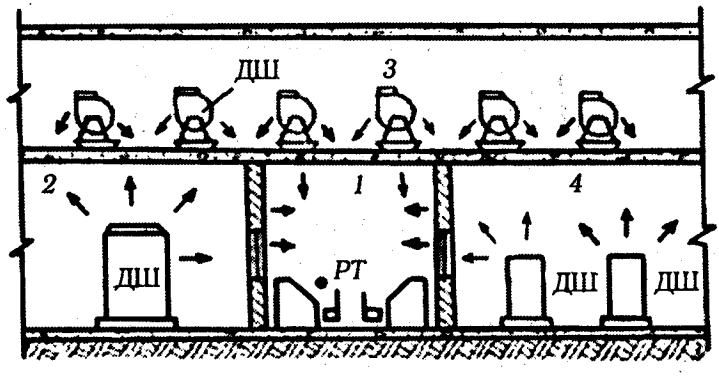


Рис. 4.8. Схема розміщення розрахункової точки РТ та джерел шуму ДШ:
1 — приміщення, що ізолюється; *2— 4* — приміщення з джерелами шуму

Якщо джерела шуму розташовані на прилеглій до ізольованого приміщення території, а шум проникає через огороджувальні конструкції в ізольоване приміщення (рис. 4.9), то очікувані рівні звукового тиску L_i в розрахунковій точці визначаються за формулами

$$L_i = L_{сум} + 10\lg S_i - R_i - 10\lg B_i + 6, дБ, \quad (4.12)$$

$$L_{сум} = 10\lg \sum_{k=1}^{n} 10^{0,1L_k}, дБ \tag{4.13}$$

$$L_k = L_{Pk} - 20\lg r_k + 10\lg \frac{\Phi_k}{4\pi} - \frac{\beta_a r_k}{1000}, дБ, \tag{4.14}$$

де $L_{сум}$ — сумарний (загальний) рівень звукового тиску, створюваний всіма розглядуваними джерелами шуму в проміжній розрахунковій точці А, розташованій на відстані 2 *м* від огороджувальної конструкції розглядуваного приміщення, *дБ*; визначається за табл. 4.2;

L_k — октавний рівень звукового тиску, створюваний розглядуваним джерелом шуму в проміжній розрахунковій точці А, *дБ*;

L_{Pk} — октавний рівень звукової потужності, випромінюваної розглядуваним джерелом шуму, *дБ*;

r_k — відстань від розглядуваного джерела шуму до проміжної розрахункової точки А, *дБ*;

S_i — площа розглядуваного огородження або елемента огородження, через котрі шум проникає в ізольоване приміщення, *дБ*;

B_i — постійна ізольованого приміщення, $м^2$;

n — загальне число джерел шуму, котрі беруться до уваги.

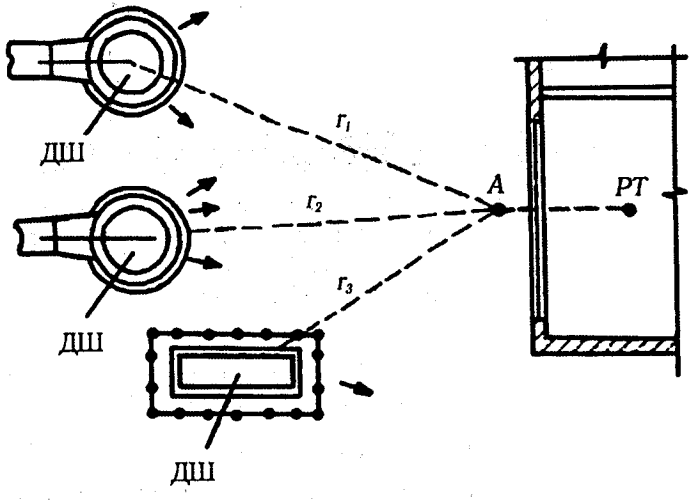


Рис. 4.9. Схема розміщення розрахункової точки РТ та джерел шуму ДШ:
r — відстань від центра випромінювання до проміжної розрахункової точки

Джерела шуму розташовані на вході в канал, а розрахункові точки — в ізольованому приміщенні: (рис. 4.10)

а) якщо шум проникає в ізольоване приміщення через вентиляційні решітки, то очікувані рівні звукового тиску шуму, що проникає через решітки від однієї вентиляційної системи, розраховуються за формулою

$$L_i = L_{Pi} - \Delta L_{Pi} + 10\lg\left(\frac{\Phi_{Pi}}{4\pi r_i^2} + \frac{4n_i}{B_i}\right), дБ \qquad (4.15)$$

де L_{Pi} — октавний рівень звукової потужності, випромінюваної джерелом шуму, *дБ*;

ΔL_{Pi} — сумарне зниження рівня звукової потужності в елементах мережі на шляху поширення шуму від джерела до решітки, *дБ*; визначається за формулою 4.5;

Φ_{Pi} — фактор напрямленості решітки; визначається за рис. 4.11.

r_i — віддаль від розрахункової точки до центру найближчої решітки (отвору), *м*;

n_i — кількість решіток, через котрі шум розглядуваної вентиляційної системи проникає в приміщення;

B_i — постійна ізольованого приміщення.

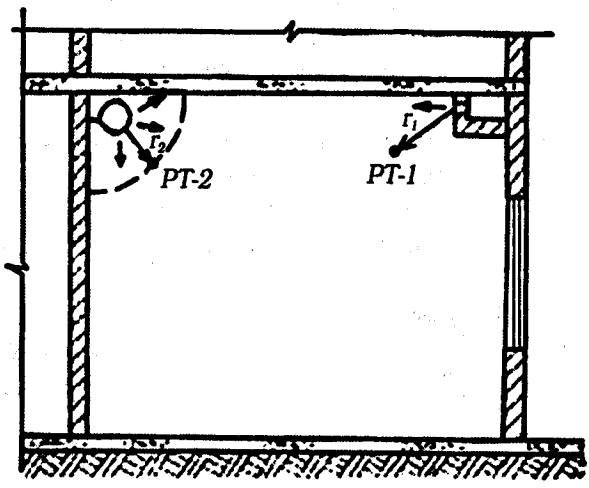


Рис. 4.10. Схема розміщення розрахункових точок РТ в приміщенні. Шум проникає через вентиляційні решітки РТ-1 та через стінки повітропроводу РТ-2: r_1 — відстань від центру решітки до розрахункової точки; r_2 — найкоротша відстань від поверхні повітропроводу до розрахункової точки 2

Рівні звукового тиску шуму, що проникає через вентиляційні решітки, для розрахункових точок, вибраних у зоні відбитого звуку, можна розрахувати за формулою

$$L_i = L_{Pi} - \Delta L_{Pi} - 10\lg B_i + 10\lg n_i + 6, дБ \qquad (4.16)$$

Зона відбитого звуку визначається величиною граничного радіуса $r_{ГР}$. Граничним радіусом умовно називають відстань від джерела шуму, на котрій рівень звукового тиску відбитого шуму дорівнює рівню звукового тиску прямого звуку, випромінюваного розглядуваним джерелом.

Величину граничного радіуса для джерел шуму, розташованих на підлозі, визначають за формулами:

— коли в приміщенні знаходиться одне джерело шуму

$$r_{ГР} = 0,2\sqrt{B_{8000}}, м; \qquad (4.17)$$

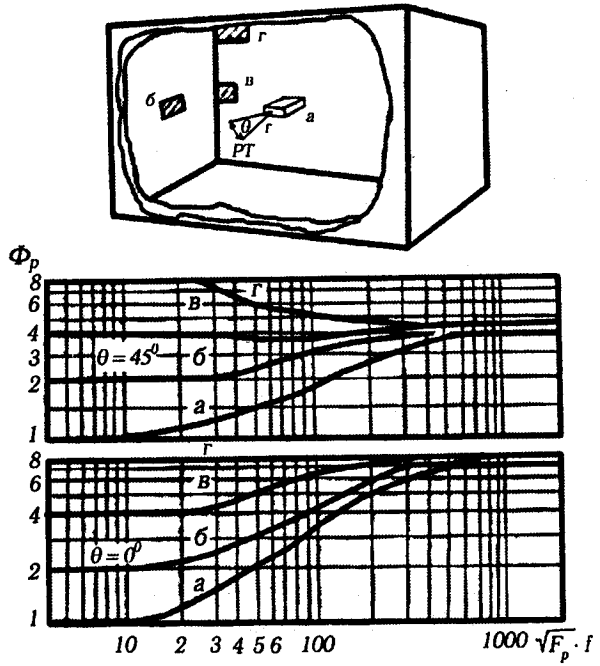


Рис. 4.11. Фактор напрямленості Φ_p при випромінюванні шуму з вентиляційної решітки залежно від добутку приведеного розміру решітки $\sqrt{F_P}$, *м* на частоту *f*, *Гц*

— коли в приміщенні знаходиться *n* однакових джерел шуму

$$r_{ГР} = 0,2\sqrt{\frac{B_{8000}}{n}}, \text{ м}; \tag{4.18}$$

— коли в приміщенні знаходиться *n* різних джерел шуму

$$r_{ГР} = 0,2\sqrt{\frac{B_{8000}\cdot 10^{0,1L_{Pi}}}{\sum_{i=1}^{n} 10^{0,1L_{Pi}}}}, \tag{4.19}$$

де B_{1000} — постійна приміщення на частоті 1000 *Гц*;

L_{Pi} — рівень звукової потужності розглядуваного джерела шуму на частоті 8000 *Гц*, *дБ*. Частота 8000 *Гц* береться тому, що їй, переважно, відповідає максимальне значення граничного радіуса порівняно з іншими частотами.

б) Якщо шум проникає в ізольоване приміщення через стінки каналу (повітропроводу), то очікувані рівні звукового тиску розраховують за формулою

$$L_i = L_{Pi} - \Delta L_{Pi} + 10\lg\left(\frac{1}{S_r} + \frac{4}{B_i}\right), \text{ дБ} \tag{4.20}$$

де L_{Pi} — октавний рівень звукової потужності, випромінюваної джерелом шуму в канал, *дБ*;

ΔL_{Pi} — сумарне зниження рівнів звукової потужності на шляху поширення звуку, формула (4.9), *дБ*;

S_r — площа уявної поверхні, всі точки котрої рівновіддалені від поверхні каналу в межах ізольованого приміщення і проходить через розрахункову точку, $м^2$;

B_i — те ж, що і у формулі (4.15).

Якщо розрахункові точки розташовані в приміщенні з джерелами шуму і в розглядуваному приміщенні знаходиться одне джерело шуму, розташоване на підлозі або на стіні (рис. 4.12), очікувані рівні звукового тиску визначаються за формулою

$$L = L_P + 10\lg\left(\frac{æ}{S} + \frac{4}{B_Ш}\right), дБ \qquad (4.21)$$

де L_P— октавний рівень звукової потужності шуму, *дБ*;

S — площа уявної поверхні правильної геометричної форми, що оточує джерело і проходить через розрахункову точку, $м^2$.

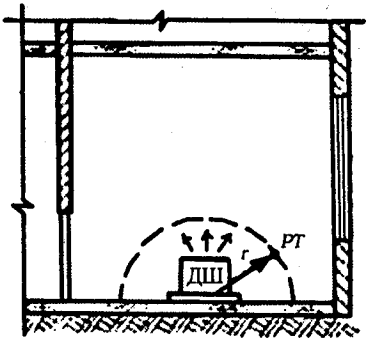


Рис. 4.12. Схема розміщення розрахункової точки РТ та джерел шуму ДШ:
r — відстань від акустичного центру джерела шуму до розрахункової точки

Для невеликих джерел, у котрих $2l_{max} < r$ (l_{max} — максимальний габаритний розмір джерела шуму, *м*; r — відстань від акустичного центру джерела шуму до розрахункової точки, *м*), приймається $S = 2\pi r^2$ (акустичний центр джерела шуму — проекція геометричного центру машини на горизонтальну площину);

æ — емпіричний поправковий коефіцієнт, який враховує вплив ближнього поля і вибирається залежно від відношення відстані r до максимального габаритного розміру джерела за графіком рис. 4.13 (при $2l_{max} < r$ æ =1);

$B_Ш$ — постійна приміщення, $м^2$.

Якщо в розглядуваному приміщенні встановлено декілька джерел шуму (рис. 4.14), то очікувані рівні звукового тиску від всіх джерел у вибраних розрахункових точках (на робочих місцях) визначають за формулою

$$L = 10\lg\left(\sum_{i=1}^{m}\frac{\Delta_i æ_i}{S_i} + \frac{4}{B_Ш}\sum_{i=1}^{n}\Delta_i\right), дБ \qquad (4.22)$$

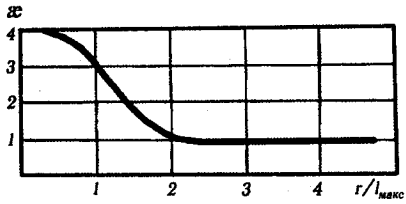


Рис. 4.13. Графік для визначення параметра æ

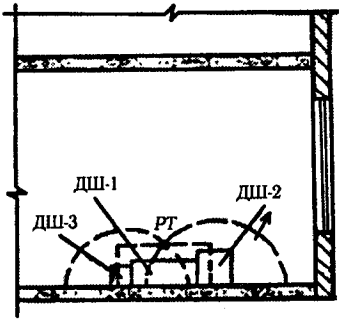


Рис. 4.14. Схема розміщення розрахункової точки РТ та джерел шуму ДШ

де $\Delta_i = 10^{0,1P_i}$ можна визначити за табл. 4.4, вважаючи, що $L_{P_i} = K$;

L_{P_i} — октавний рівень звукової потужності, випромінюваної i-м джерелом шуму, *дБ*;

S_i — те ж, що і S у формулі 4.21, але для іншого джерела (у випадках, коли $S_i = 2\pi r^2$);

r_i — відстань від розрахункової точки до акустичного центру іншого джерела шуму, *м*;

$æ_i$ — те ж, що і у формулі 4.21, але для i-го джерела;

m — кількість джерел шуму, розташованих поряд з розрахунковою точкою, тобто джерел, для яких $r_i \le 4r_{min}$, де r_{min} — відстань від розрахункової точки до акустичного центру найближчого до неї джерела, *м*;

n — загальна кількість джерел шуму, що беруться до уваги.

Якщо в приміщенні встановлено декілька джерел шуму, що випромінюють однакову звукову потужність, то очікувані октавні рівні звукового тиску L від всіх джерел у розрахунковій точці визначаються за формулою

$$L = L_{P0} + 10\lg\left(\sum_{i=1}^{m}\frac{æ_i}{S_i} + \frac{4n}{B_ш}\right), \text{ дБ} \qquad (4.23)$$

де L_{P0} — октавний рівень звукової потужності, випромінюваної одним джерелом шуму, *дБ*;

n — загальна кількість джерел шуму.

Розрахунок необхідного зниження шуму. Необхідне зниження рівнів звукового тиску в розрахунковій точці від одного джерела шуму визначається як різниця очікуваного рівня звукового тиску в розрахунковій точці до реалізації заходів щодо зниження шуму L та допустимого рівня $L_{доп}$:

$$\Delta L_н = L - L_{доп}, \text{ дБ}, \qquad (4.24)$$

Таблиця 4.5

Знаходження величини $\Delta = 10^{\pm 0,1K}$

Десятки K	Одиниці K									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
	$\Delta = 10^{+0,1K}$									
0	1	1,3	1,6	2	2,5	3,2	4	5	6,3	8
1	$1x10^{1}$	$1,3x10^{1}$	$1,6x10^{1}$	$2x10^{1}$	$2,5x10^{1}$	$3,2x10^{1}$	$4x10^{1}$	$5x10^{1}$	$6,3x10^{1}$	$8x10^{1}$
2	$1x10^{2}$	$1,3x10^{2}$	$1,6x10^{2}$	$2x10^{2}$	$2,5x10^{2}$	$3,2x10^{2}$	$4x10^{2}$	$5x10^{2}$	$6,3x10^{2}$	$8x10^{2}$
3	$1x10^{3}$	$1,3x10^{3}$	$1,6x10^{3}$	$2x10^{3}$	$2,5x10^{3}$	$3,2x10^{3}$	$4x10^{3}$	$5x10^{3}$	$6,3x10^{3}$	$8x10^{3}$
4	$1x10^{4}$	$1,3x10^{4}$	$1,6x10^{4}$	$2x10^{4}$	$2,5x10^{4}$	$3,2x10^{4}$	$4x10^{4}$	$5x10^{4}$	$6,3x10^{4}$	$8x10^{4}$
5	$1x10^{5}$	$1,3x10^{5}$	$1,6x10^{5}$	$2x10^{5}$	$2,5x10^{5}$	$3,2x10^{5}$	$4x10^{5}$	$5x10^{5}$	$6,3x10^{5}$	$8x10^{5}$
6	$1x10^{6}$	$1,3x10^{6}$	$1,6x10^{6}$	$2x10^{6}$	$2,5x10^{6}$	$3,2x10^{6}$	$4x10^{6}$	$5x10^{6}$	$6,3x10^{6}$	$8x10^{6}$
7	$1x10^{7}$	$1,3x10^{7}$	$1,6x10^{7}$	$2x10^{7}$	$2,5x10^{7}$	$3,2x10^{7}$	$4x10^{7}$	$5x10^{7}$	$6,3x10^{7}$	$8x10^{7}$
8	$1x10^{8}$	$1,3x10^{8}$	$1,6x10^{8}$	$2x10^{8}$	$2,5x10^{8}$	$3,2x10^{8}$	$4x10^{8}$	$5x10^{8}$	$6,3x10^{8}$	$8x10^{8}$
9	$1x10^{9}$	$1,3x10^{9}$	$1,6x10^{9}$	$2x10^{9}$	$2,5x10^{9}$	$3,2x10^{9}$	$4x10^{9}$	$5x10^{9}$	$6,3x10^{9}$	$8x10^{9}$
10	$1x10^{10}$	$1,3x10^{10}$	$1,6x10^{10}$	$2x10^{10}$	$2,5x10^{10}$	$3,2x10^{10}$	$4x10^{10}$	$5x10^{10}$	$6,3x10^{10}$	$8x10^{10}$
11	$1x10^{11}$	$1,3x10^{11}$	$1,6x10^{11}$	$2x10^{11}$	$2,5x10^{11}$	$3,2x10^{11}$	$4x10^{11}$	$5x10^{11}$	$6,3x10^{11}$	$8x10^{11}$
12	$1x10^{12}$	$1,3x10^{12}$	$1,6x10^{12}$	$2x10^{12}$	$2,5x10^{12}$	$3,2x10^{12}$	$4x10^{12}$	$5x10^{12}$	$6,3x10^{12}$	$8x10^{12}$
	$\Delta = 10^{-0,1K}$									
0	1	0,8	0,63	0,5	0,4	0,32	0,25	0,2	0,16	0,13
1	$1x10^{-1}$	$0,8x10^{-1}$	$0,63x10^{-1}$	$0,5x10^{-1}$	$0,4x10^{-1}$	$0,32x10^{-1}$	$0,25x10^{-1}$	$0,2x10^{-1}$	$0,16x10^{-1}$	$0,13x10^{-1}$
2	$1x10^{-2}$	$0,8x10^{-2}$	$0,63x10^{-2}$	$0,5x10^{-2}$	$0,4x10^{-2}$	$0,32x10^{-2}$	$0,25x10^{-2}$	$0,2x10^{-2}$	$0,16x10^{-2}$	$0,13x10^{-2}$
3	$1x10^{-3}$	$0,8x10^{-3}$	$0,63x10^{-3}$	$0,5x10^{-3}$	$0,4x10^{-3}$	$0,32x10^{-3}$	$0,25x10^{-3}$	$0,2x10^{-3}$	$0,16x10^{-3}$	$0,13x10^{-3}$
4	$1x10^{-4}$	$0,8x10^{-4}$	$0,63x10^{-4}$	$0,5x10^{-4}$	$0,4x10^{-4}$	$0,32x10^{-4}$	$0,25x10^{-4}$	$0,2x10^{-4}$	$0,16x10^{-4}$	$0,13x10^{-4}$
5	$1x10^{-5}$	$0,8x10^{-5}$	$0,63x10^{-5}$	$0,5x10^{-5}$	$0,4x10^{-5}$	$0,32x10^{-5}$	$0,25x10^{-5}$	$0,2x10^{-5}$	$0,16x10^{-5}$	$0,13x10^{-5}$
6	$1x10^{-6}$	$0,8x10^{-6}$	$0,63x10^{-6}$	$0,5x10^{-6}$	$0,4x10^{-6}$	$0,32x10^{-6}$	$0,25x10^{-6}$	$0,2x10^{-6}$	$0,16x10^{-6}$	$0,13x10^{-6}$
7	$1x10^{-7}$	$0,8x10^{-7}$	$0,63x10^{-7}$	$0,5x10^{-7}$	$0,4x10^{-7}$	$0,32x10^{-7}$	$0,25x10^{-7}$	$0,2x10^{-7}$	$0,16x10^{-7}$	$0,13x10^{-7}$
8	$1x10^{-8}$	$0,8x10^{-8}$	$0,63x10^{-8}$	$0,5x10^{-8}$	$0,4x10^{-8}$	$0,32x10^{-8}$	$0,25x10^{-8}$	$0,2x10^{-8}$	$0,16x10^{-8}$	$0,13x10^{-8}$
9	$1x10^{-9}$	$0,8x10^{-9}$	$0,63x10^{-9}$	$0,5x10^{-9}$	$0,4x10^{-9}$	$0,32x10^{-9}$	$0,25x10^{-9}$	$0,2x10^{-9}$	$0,16x10^{-9}$	$0,13x10^{-9}$
10	$1x10^{-10}$	$0,8x10^{-10}$	$0,63x10^{-10}$	$0,5x10^{-10}$	$0,4x10^{-10}$	$0,32x10^{-10}$	$0,25x10^{-10}$	$0,2x10^{-10}$	$0,16x10^{-10}$	$0,13x10^{-10}$

Примітка: При користуванні таблицею величини K слід заокруглювати до цілих децибел.

Якщо в розрахункову точку одночасно потрапляє шум від кількох джерел, то розраховують рівні звукового тиску кожного джерела окремо.

Для однакових джерел або різних джерел, рівноцінних за складністю глушіння, необхідне зниження рівнів звукового тиску ΔL_{Hi} в розрахунковій точці для кожного джерела шуму визначають за формулою

$$\Delta L_{Hi} = L_i + 10\lg n,\ дБ, \qquad (4.25)$$

де L_i — очікуваний октавний рівень звукового тиску, створюваний розглядуваним джерелом шуму в розрахунковій точці, *дБ*;

n — загальна кількість джерел шуму, що беруться до уваги.

Якщо в приміщенні або на території є джерела шуму, глушіння яких пов'язане з великими труднощами порівняно з іншими джерелами (наприклад, джерела з дуже високими рівнями звукової потужності), необхідне зниження рівнів звукового тиску в розрахунковій точці розраховують за формулами:

— для кожного з важкозаглушуваних джерел

$$\Delta L_{Hi} = L_i - L_{ДОП} + 10\lg n_1,\ дБ, \qquad (4.26)$$

де n_1 — загальна кількість важкозаглушуваних джерел;

— для кожного з інших джерел

$$\Delta L_{Hi} = L_i - L_{ДОП} + 10\lg(n - n_1) + 5,\ дБ, \qquad (4.27)$$

де n — загальна кількість джерел, що беруться до уваги.

Значення допустимих рівнів звукового тиску в октавних смугах частот та еквівалентні рівні звуку наводяться у табл. 4.6.

Значення допустимих рівнів звуку на території житлової забудови подано в табл. 4.7.

Таблиця 4.6

Допустимі рівні звукового тиску в октавних смугах частот, еквівалентні рівні звуку на робочих місцях

№ зп.	Вид трудової діяльності, робоче місце	Рівні звукового тиску в *дБ* в октавних смугах з середньогеометричними частотами, *Гц*									Рівні шуму та еквівалентні рівні шуму, *дБА*, $дБА_{екв}$
		31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Підприємства, установи, організації											
1	Творча діяльність, керівна робота з підвищеними вимогами, наукова діяльність, конструювання та проектування, програмування, викладання та навчання, лікарська діяльність; робочі місця у приміщеннях — дирекції, проектно-конструк-										

Продовження табл. 4.6

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
		Підприємства, установи, організації									
	торських бюро, розраховувачів, програмістів обчислювальних машин у лабораторіях для теоретичних робіт та обробки даних, прийому хворих у медпунктах.	86	71	61	54	49	45	42	40	38	50
2	Висококваліфікована робота, що вимагає зосередження, адміністративно-керівна діяльність, вимірювальні та аналітичні роботи у лабораторії: робочі місця в приміщеннях цехового керівного апарату, контор, лабораторій.	93	79	70	63	58	55	52	50	49	60
3	Робота, що виконується з вказівками та акустичними сигналами, які часто надходять, робота, що потребує постійного слухового контролю, операторська робота за точним графіком з інструкцією, диспетчерська робота: робочі місця у приміщеннях диспетчерської служби, кабінетах та приміщеннях спостереження та дистанційного керування з мовним зв`язком за телефоном, друкарських бюро, на дільницях точного складання, на телефонних та телеграфних станціях, у приміщеннях майстрів, у залах обробки інформації на обчислювальних машинах без дисплея та у приміщеннях операторів-акустиків.	96	83	74	68	63	60	57	55	54	65
4	Робота, що вимагає зосередження, робота з підвищеними вимогами до процесів спостереження та дистанційного керування виробничими циклами: робочі місця за пультами у кабінетах нагляду та дистанційного керування без мовного зв`язку за телефоном; у приміщеннях лабораторій з шумним устаткуванням, шумними агрегатами обчислювальних машин.	103	91	83	77	73	70	68	66	64	75

Продовження табл. 4.6

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
	Підприємства, установи, організації										
5	Виконання всіх видів робіт (крім перелічених у п. 1—4 та аналогічних їм) на постійних робочих місцях у виробничих приміщеннях та території підприємств.	107	95	87	82	78	75	73	71	69	80

Допустимі рівні звукового тиску в октавних смугах частот, рівні шуму та еквівалентні рівні шуму на робочих місцях для тонального та імпульсного шуму слід приймати на 5 *дБ* менше за значення, що вказані у табл. 4.6.

Для шуму, утворюваного у приміщенні установками кондиціонування повітря, вентиляції та повітряного опалення, допустимі рівні звукового тиску в октавних смугах частот, рівні шуму та еквівалентні рівні звукового тиску на робочих місцях встановлюються на 5 *дБ* менші, ніж фактичні рівні шуму в приміщенні, якщо останні не перевищують значень табл. 4.6. Поправка для тонального та імпульсного шуму, при цьому, не враховується.

Максимальний рівень шуму, що коливається в часі та переривається, не повинен перевищувати 110 *дБА*. Максимальний рівень для імпульсного шуму не повинен перевищувати 125 *дБА*.

Таблиця 4.7

Допустимі рівні звуку на території житлової забудови

№ зп.	Види територій	Допустимі рівні звуку (*дБА*)		Час доби
		$LA_{екв}$	$LA_{макс}$	
1	Території, що безпосередньо прилягають до будівель лікарень, санаторіїв	45 35	60 50	вдень вночі
2	Території, що безпосередньо прилягають до житлових будинків, будівель поліклінік, амбулаторій, будинків відпочинку, пансіонатів, будинків-інтернатів, дитячих дошкільних закладів, шкіл та інших навчальних закладів, бібліотек	55 45	70 60	вдень вночі
3	Території, що прилягають до будівель готелів та гуртожитків	60 50	75 65	вдень вночі
4	Майданчики відпочинку на території лікарень та санаторіїв	35	50	вдень
5	Майданчики відпочинку на території мікрорайонів, груп житлових будинків, будинків відпочинку, пансіонатів, майданчиків дитячих дошкільних закладів, шкіл та інших навчальних закладів, будинків-інтернатів	45	60	вдень

Примітки: 1. Еквівалентні та максимальні рівні звуку *дБА* для шуму, що створюється засобами автомобільного, залізничного, авіаційного транспорту в 2 *м* від огороджувальних конструкцій першого ешелону житлових будинків, готелів, гуртожитків, повернутих у бік магістральних вулиць загальноміського значення, залізниць, а також джерел авіаційного шуму, допускається приймати на 10 *дБА* вище (поправка Δn ± 10 *дБА*), вказаних у позиціях 2 та 3.

2. Вдень — з 7 до 23 години, вночі — з 23 до 7 години.

Приклад 4.1. Визначити необхідне зниження шуму, коли джерела шуму та розрахункова точка розташовані в одному закритому приміщенні.

У виробничому приміщенні (рис. 4.15) об'ємом 2268 $м^3$ розташовано горизонтальну стрічкопилкову лісораму моделі ТТМ-80, два торцювальних верстати моделі РР-100, обрізний верстат ОВ-11, стрічкопилкову лісораму LT40HDE25, універсальний круглопилковий верстат Ц6-2К, багатопилковий верстат С-320. Рівні звукової потужності, що випромінюється кожним джерелом шуму, наведено в табл. 4.8. Всі джерела працюють одночасно.

Таблиця 4.8

Спектри шуму верстатів лісопильної дільниці

Верстат	Середньогеометрична частота октавної смуги, *Гц*							
	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
1. ТТМ-80	80	84	87	86	90	90	88	86
2. РР-100	81	81	83	84	84	90	93	88
3. ОВ-11	80	81	81	83	91	91	92	91
4. Ц6-2К	78	83	86	85	86	88	90	89
5. LT40HDE25	81	83	85	87	88	89	87	85
6. С-320	82	81	87	90	92	95	96	94
7. РР-100	81	81	83	84	84	90	93	88

Джерела встановлені на підлозі, тому приймаємо для них $\Phi_i = \Phi = 2$. Розрахункова точка розташована посередині приміщення, між верстатами, на висоті 1,5 *м* від підлоги. Відстані від акустичних центрів джерел до розрахункової точки: r_1=12,8 *м*; r_2 = 7,5 *м*; r_3 = 5,4 *м*; r_4 = 9,5 *м*; r_5 = 10,5 *м*; r_6= 5,8 *м*; r_7 = 8,1 *м* (рис. 4.15).

Максимальний розмір будь-якого з розглядуваних джерел не перевищує 2 *м*.

Розв'язок. Мінімальна відстань від розрахункової точки до акустичного центру найближчого до неї джерела r_{min} = 5,4 *м* і $4r_{min}$ = 21,6 *м*. Загальна кількість джерел шуму, що беруться до уваги при розрахунку, розташованих поблизу розрахункової точки, для котрих $r_i < 4r_{min}$ = 21,6 *м*, буде рівним $m = 7$, тобто при розрахунку беремо до уваги всі джерела шуму. Найбільший габаритний розмір розглядуваних джерел l_{max} = 2 *м*. Таким чином, для всіх джерел виконується умова $2l < r_i$ і тому можна вважати $S_i = 2\pi r_i^2$. Величини $r_i / l_{max} > 2$, тому $\chi_i = 1$. За формулою (4.22) і табл. 4.5 визначаємо сумарні рівні звукового тиску $L_{заг}$ в розрахунковій точці від всіх джерел шуму. Величину $B_ш$ визначаємо за графіком (рис. 4.3 і табл. 4.3, 4.4). Потім за формулою 4.25 визначаємо необхідне зниження шуму, вибравши нормативні рівні звукового тиску в розрахунковій точці за табл. 4.6.

Розрахунок подано в табл. 4.9.

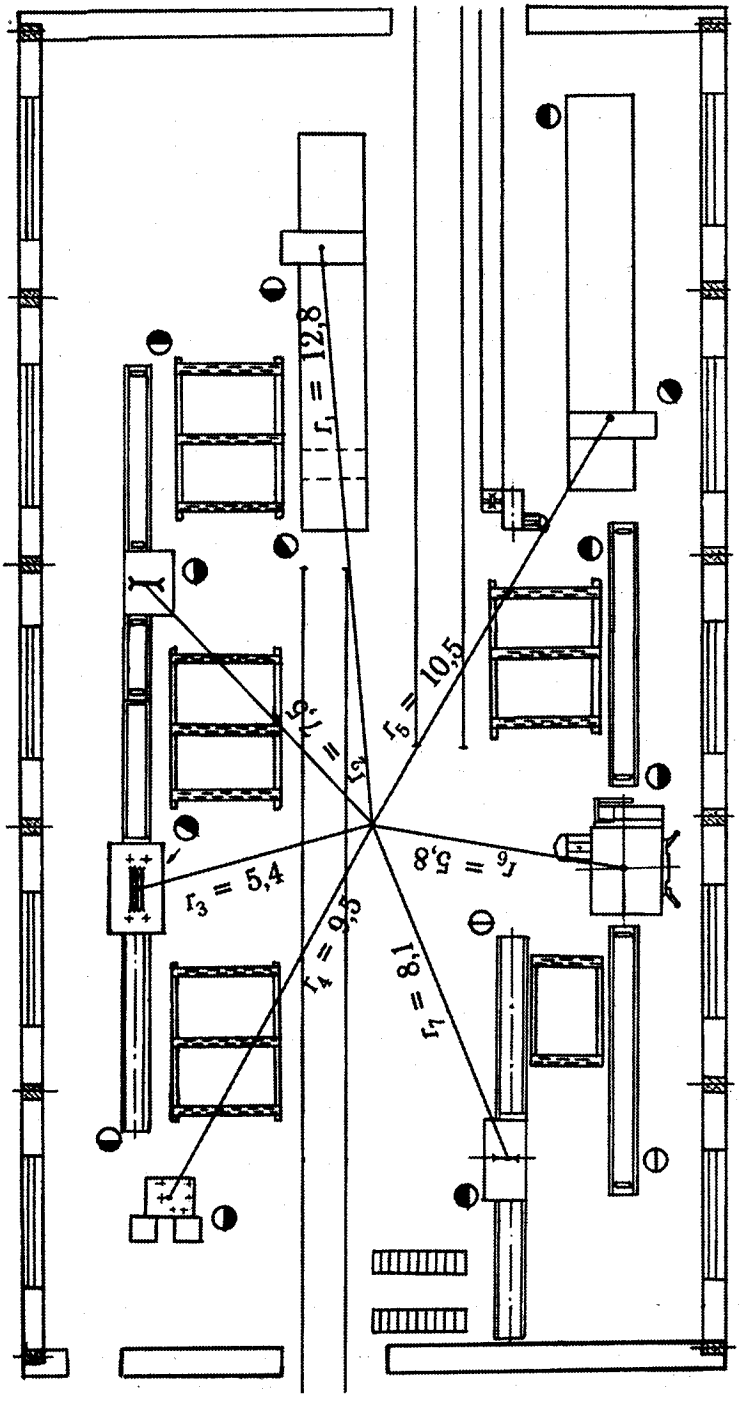


Рис. 4.15. Схема розташування розрахункової точки РТ та джерел шуму ДШ в приміщенні, *м*:
r — відстань від джерел шуму до розрахункової точки

Таблиця 4.9

Результати розрахунку очікуваних рівнів звукового тиску та необхідного зниження шуму в лісопильній дільниці

Величина	Один. вим.	Середньогеометрична частота октавної смуги частот, *Гц*							
		63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1. L_{p1}	*дБ*	80	84	87	86	90	90	88	86
2. L_{p2}	*дБ*	81	81	83	84	84	90	93	88
3. L_{p3}	*дБ*	80	81	81	83	91	91	92	91
4. L_{p4}	*дБ*	78	83	86	85	86	88	90	89
5. L_{p5}	*дБ*	81	83	85	87	88	89	87	85
6. L_{p6}	*дБ*	82	81	87	90	92	95	96	94
7. L_{p7}	*дБ*	81	81	83	84	84	90	93	88
8. $\Delta_1 = 10^{0,1Lp1}$	—	$1 \cdot 10^8$	$2{,}5 \cdot 10^8$	$5 \cdot 10^8$	$4 \cdot 10^8$	$1 \cdot 10^9$	$1 \cdot 10^9$	$6{,}3 \cdot 10^8$	$4 \cdot 10^8$
9. $\Delta_2 = 10^{0,1Lp2}$	—	$1{,}3 \cdot 10^8$	$1{,}3 \cdot 10^8$	$2 \cdot 10^8$	$2{,}5 \cdot 10^8$	$2{,}5 \cdot 10^8$	$1 \cdot 10^9$	$2 \cdot 10^9$	$6{,}3 \cdot 10^8$
10. $\Delta_3 = 10^{0,1Lp3}$	—	$1 \cdot 10^8$	$1{,}3 \cdot 10^8$	$1{,}3 \cdot 10^8$	$2 \cdot 10^8$	$1{,}3 \cdot 10^9$	$1{,}3 \cdot 10^9$	$1{,}6 \cdot 10^9$	$1{,}3 \cdot 10^9$
11. $\Delta_4 = 10^{0,1Lp4}$	—	$6{,}3 \cdot 10^7$	$2 \cdot 10^8$	$4 \cdot 10^8$	$3{,}2 \cdot 10^8$	$4 \cdot 10^8$	$6{,}3 \cdot 10^8$	$1 \cdot 10^9$	$8 \cdot 10^8$
12. $\Delta_5 = 10^{0,1Lp5}$	—	$1{,}3 \cdot 10^8$	$2 \cdot 10^8$	$3{,}2 \cdot 10^8$	$5 \cdot 10^8$	$6{,}3 \cdot 10^8$	$8 \cdot 10^8$	$5 \cdot 10^8$	$3{,}2 \cdot 10^8$
13. $\Delta_6 = 10^{0,1Lp6}$	—	$1{,}6 \cdot 10^8$	$1{,}3 \cdot 10^8$	$5 \cdot 10^8$	$1 \cdot 10^9$	$1{,}6 \cdot 10^9$	$3{,}2 \cdot 10^9$	$4 \cdot 10^9$	$2{,}5 \cdot 10^9$
14. $\Delta_7 = 10^{0,1Lp7}$	—	$1{,}3 \cdot 10^8$	$1{,}3 \cdot 10^8$	$2 \cdot 10^8$	$2{,}5 \cdot 10^8$	$2{,}5 \cdot 10^8$	$1 \cdot 10^9$	$2 \cdot 10^9$	$6{,}3 \cdot 10^8$
15. $S_1 = 2\pi\ r_1^2$	$м^2$	$1{,}03 \cdot 10^3$	$1{,}03 \cdot 10^3$	$1{,}03 \cdot 10^3$	$1{,}03 \cdot 10^3$	$1{,}03 \cdot 10^3$	$1{,}03 \cdot 10^3$	$1{,}03 \cdot 10^3$	$1{,}03 \cdot 10^3$
16. $S_2 = 2\pi\ r_2^2$	$м^2$	$3{,}53 \cdot 10^2$	$3{,}53 \cdot 10^2$	$3{,}53 \cdot 10^2$	$3{,}53 \cdot 10^2$	$3{,}53 \cdot 10^2$	$3{,}53 \cdot 10^2$	$3{,}53 \cdot 10^2$	$3{,}53 \cdot 10^2$
17. $S_3 = 2\pi\ r_3^2$	$м^2$	$1{,}8 \cdot 10^2$	$1{,}8 \cdot 10^2$	$1{,}8 \cdot 10^2$	$1{,}8 \cdot 10^2$	$1{,}8 \cdot 10^2$	$1{,}8 \cdot 10^2$	$1{,}8 \cdot 10^2$	$1{,}8 \cdot 10^2$
18. $S_4 = 2\pi\ r_4^2$	$м^2$	$5{,}7 \cdot 10^2$	$5{,}7 \cdot 10^2$	$5{,}7 \cdot 10^2$	$5{,}7 \cdot 10^2$	$5{,}7 \cdot 10^2$	$5{,}7 \cdot 10^2$	$5{,}7 \cdot 10^2$	$5{,}7 \cdot 10^2$
19. $S_5 = 2\pi\ r_5^2$	$м^2$	$6{,}9 \cdot 10^2$	$6{,}9 \cdot 10^2$	$6{,}9 \cdot 10^2$	$6{,}9 \cdot 10^2$	$6{,}9 \cdot 10^2$	$6{,}9 \cdot 10^2$	$6{,}9 \cdot 10^2$	$6{,}9 \cdot 10^2$
20. $S_6 = 2\pi\ r_6^2$	$м^2$	$2{,}1 \cdot 10^2$	$2{,}1 \cdot 10^2$	$2{,}1 \cdot 10^2$	$2{,}1 \cdot 10^2$	$2{,}1 \cdot 10^2$	$2{,}1 \cdot 10^2$	$2{,}1 \cdot 10^2$	$2{,}1 \cdot 10^2$
21. $S_7 = 2\pi\ r_7^2$	$м^2$	$4{,}1 \cdot 10^2$	$4{,}1 \cdot 10^2$	$4{,}1 \cdot 10^2$	$4{,}1 \cdot 10^2$	$4{,}1 \cdot 10^2$	$4{,}1 \cdot 10^2$	$4{,}1 \cdot 10^2$	$4{,}1 \cdot 10^2$
22. $\frac{10^{0,1Lp1}}{S_1}$	$м^{-2}$	$9{,}7 \cdot 10^4$	$2{,}5 \cdot 10^5$	$4{,}8 \cdot 10^5$	$3{,}9 \cdot 10^5$	$9{,}7 \cdot 10^5$	$9{,}7 \cdot 10^5$	$6{,}1 \cdot 10^5$	$3{,}8 \cdot 10^5$
23. $\frac{10^{0,1Lp2}}{S_2}$	$м^{-2}$	$3{,}7 \cdot 10^5$	$3{,}7 \cdot 10^5$	$5{,}7 \cdot 10^5$	$7 \cdot 10^5$	$7 \cdot 10^5$	$2{,}8 \cdot 10^6$	$4{,}4 \cdot 10^6$	$1{,}8 \cdot 10^6$
24. $\frac{10^{0,1Lp3}}{S_3}$	$м^{-2}$	$5{,}6 \cdot 10^5$	$7{,}2 \cdot 10^5$	$7{,}2 \cdot 10^5$	$1{,}1 \cdot 10^6$	$7{,}2 \cdot 10^6$	$7{,}2 \cdot 10^6$	$8{,}9 \cdot 10^6$	$7{,}2 \cdot 10^6$
25. $\frac{10^{0,1Lp4}}{S_{14}}$	$м^{-2}$	$1{,}1 \cdot 10^5$	$3{,}5 \cdot 10^5$	$7 \cdot 10^5$	$5{,}6 \cdot 10^5$	$7 \cdot 10^5$	$1{,}1 \cdot 10^5$	$1{,}8 \cdot 10^5$	$1{,}4 \cdot 10^5$
26. $\frac{10^{0,1Lp5}}{S_5}$	$м^{-2}$	$1{,}9 \cdot 10^5$	$2{,}9 \cdot 10^5$	$4{,}6 \cdot 10^5$	$7{,}2 \cdot 10^5$	$9{,}1 \cdot 10^5$	$1{,}2 \cdot 10^6$	$7{,}2 \cdot 10^5$	$4{,}6 \cdot 10^5$
27. $\frac{10^{0,1Lp6}}{S_6}$	$м^{-2}$	$7{,}6 \cdot 10^5$	$6{,}1 \cdot 10^5$	$2{,}4 \cdot 10^5$	$4{,}8 \cdot 10^6$	$7{,}6 \cdot 10^6$	$1{,}5 \cdot 10^7$	$1{,}9 \cdot 10^7$	$1{,}2 \cdot 10^7$
28. $\frac{10^{0,1Lp7}}{S_7}$	$м^{-2}$	$3{,}1 \cdot 10^5$	$3{,}2 \cdot 10^5$	$4{,}9 \cdot 10^5$	$6{,}1 \cdot 10^5$	$6{,}1 \cdot 10^5$	$2{,}4 \cdot 10^6$	$4{,}9 \cdot 10^6$	$1{,}54 \cdot 10^6$
29. $\sum_{i=1}^{n} \frac{10^{0,1Lpi}}{S_i}$		$2{,}3 \cdot 10^6$	$2{,}9 \cdot 10^6$	$3{,}5 \cdot 10^6$	$9{,}5 \cdot 10^6$	$2{,}1 \cdot 10^7$	$2{,}8 \cdot 10^7$	$3{,}7 \cdot 10^7$	$2{,}7 \cdot 10^7$
30. $B_{ш1000}$ (V=2268 $м^3$)	$м^2$	300							
31. μ	—	0,5	0,5	0,55	0,7	1	1,6	3	6
32. $B_{ш} = B_{ш1000}\mu$	$м^2$	150	150	165	210	300	480	900	1800

Продовження табл. 4.9

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
33. $\frac{4}{B_м}$	$м^{-2}$	$2{,}7\cdot10^{-2}$	$2{,}7\cdot10^{-2}$	$2{,}4\cdot10^{-2}$	$1{,}9\cdot10^{-2}$	$1{,}3\cdot10^{-2}$	$8{,}3\cdot10^{-3}$	$4{,}4\cdot10^{-3}$	$2{,}2\cdot10^{-3}$
34. $\sum_{1}^{7}10^{0{,}1L_{Pi}}$	—	$7{,}8\cdot10^{8}$	$1{,}2\cdot10^{9}$	$3{,}3\cdot10^{9}$	$2{,}9\cdot10^{9}$	$5{,}4\cdot10^{9}$	$8{,}9\cdot10^{9}$	$1{,}2\cdot10^{10}$	$7{,}3\cdot10^{9}$
35. $\frac{4}{B_м}\sum_{1}^{7}10^{0{,}1L_{Pi}}$		$2{,}1\cdot10^{7}$	$6{,}2\cdot10^{7}$	$5{,}5\cdot10^{7}$	$5{,}5\cdot10^{7}$	$7\cdot10^{7}$	$7{,}4\cdot10^{7}$	$5{,}3\cdot10^{7}$	$1{,}6\cdot10^{7}$
36. $\sum_{i=1}^{n}\frac{10^{0{,}1L_{Pi}}}{S_i}+$ $+\frac{4}{B_м}\sum_{1}^{7}10^{0{,}1L_{Pi}}$		$2{,}3\cdot10^{7}$	$6{,}5\cdot10^{7}$	$5{,}9\cdot10^{7}$	$6{,}5\cdot10^{7}$	$9{,}1\cdot10^{7}$	$1{,}0\cdot10^{8}$	$9{,}0\cdot10^{7}$	$4{,}3\cdot10^{7}$
37. $L_{ш}=10\lg\left(\sum_{i=1}^{n}\frac{10^{0{,}1L_{Pi}}}{S_i}+\frac{4}{B_м}\sum_{1}^{7}10^{0{,}1L_{Pi}}\right)$	*дБ*	73,6	78,1	77,7	78,1	79,6	80,0	79,5	76,3
38. ГС-75	*дБ*	93	86	81	78	75	73	71	69
39. $\Delta L_{необх.зниж.}$	*дБ*	—	—	—	0,1	4,6	7,0	8,5	7,3

Приклад 4.2. Визначити рівні звукового тиску та визначити необхідне зниження шуму, якщо шість джерел шуму та розрахункова точка розташовані на відкритому майданчику поряд з адміністративною будівлею. Значення рівнів звукової потужності джерел шуму L_{Pi} та віддалі r_i від джерел шуму до розрахункової точки, розташованої на віддалі 2 *м* від вікон адміністративної будівлі, наведено в табл. 4.10.

Таблиця 4.10

Рівні звукової потужності джерел шуму

№ джерел шуму	Віддаль від джерела шуму до розрахункової точки, r_i, *м*	Рівні звукової потужності, *дБ*, на середньогеометричних частотах, *Гц*							
		63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
1	17	95	100	102	110	111	115	105	100
2	14	85	86	80	73	70	65	62	50
3	31	83	85	85	90	92	93	80	75
4	16	80	85	88	90	92	93	98	90
5	12	70	73	80	87	95	90	86	80
6	40	80	80	86	95	90	92	81	73

Розв'язок. За формулою (4.1) визначаються октавні рівні звукового тиску в розрахунковій точці від кожного джерела без врахування затухання шуму в атмосфері ($r_i < 50$ *м*). Результати розрахунку наведено в табл. 4.11. Нормативні рівні шуму вибираються з табл. 4.7 (граничний спектр ГС-45). Допустимі рівні звукового тиску визначаються з врахуванням поправки $\Delta_П = +10$ *дБ*, оскільки розрахункова точка знаходиться зовні будівлі. При визначенні L_i у формулах (4.25—4.27) для різних джерел шуму відстань r_i можна приймати однаковим ($r_i = r_{сер}$), якщо віддалі від кожного джерела близькі між собою, тобто $r_{max} \le 1{,}5r_{min}$. Для однакових за

випромінюваною потужністю джерел у цьому випадку достатньо розрахувати необхідне заглушення для одного із джерел, приймаючи $r_i = r_{СЕР}$. Тоді необхідне заглушення буде однаковим для всіх цих джерел. З врахуванням цього для відстаней r_1, r_2, r_4, r_5 приймається середнє значення

$$r_{СЕР1} = \frac{17+14+16+12}{4} = 14{,}8 \ м.$$

Це значення використовується для рівнів звукового тиску L_1, L_2, L_4, L_5 в розрахунковій точці. Для джерел шуму 3 та 4

$$r_{СЕР2} = \frac{31+40}{2} = 35{,}5 \ м.$$

В загальній кількості n не враховуються ті джерела шуму, котрі створюють в розрахунковій точці рівні звукового тиску L_i нижче допустимих $L_{ДОП}$ на величину ΔL_O в кожній октавній смузі, тобто для котрих виконується співвідношення $L_{ДОП} - L_i \geq \Delta L_O$. При цьому величина ΔL_O залежить від кількості малошумних джерел m; $\Delta L_O = 10 \lg m + 5$ *дБ*. Оскільки для другого та шостого джерел шуму виконується умова $L_{ДОП} - L_i > 8$ *дБ* на всіх частотах, то ці джерела в подальших розрахунках не враховуються.

За формулою (4.25) визначаємо необхідне зниження шуму для джерел шуму при умові їх одночасної роботи.

Таблиця 4.11

Результати розрахунку необхідного зниження шуму джерел, розташованих на відкритій території

Величина, що визначається, *дБ*	Середньогеометрична частота октавної смуги, *Гц*							
	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1. L_{P1}	95	100	102	110	11	115	105	100
2. L_{P2}	85	86	80	73	70	65	62	50
3. L_{P3}	83	85	85	90	92	93	80	75
4. L_{P4}	80	85	88	90	92	93	98	90
5. L_{P5}	70	73	80	87	95	90	86	80
6. L_{P6}	80	80	86	95	90	92	81	73
7. $20 \lg r_{CEP1}$	23,4	23,4	23,4	23,4	23,4	23,4	23,4	23,4
8. $20 \lg r_{CEP2}$	31	31	31	31	31	31	31	31
9. $10 \lg \frac{\Phi}{4\pi}$ ($\Phi = 2$)	-8	-8	-8	-8	-8	-8	-8	-8
10. $L_1 = L_{P1} - 20 \lg r_{CEP1} + 10 \lg \frac{\Phi}{4\pi} - \frac{\beta_a r_{CEP1}}{1000}$	63,6	68,6	70,6	78,6	79,6	83,6	73,6	68,6
11. $L_2 = L_{P2} - 20 \lg r_{CEP1} + 10 \lg \frac{\Phi}{4\pi} - \frac{\beta_a r_{CEP1}}{1000}$	53,6	54,6	48,6	41,6	38,6	33,6	30,6	18,6
12. $L_3 = L_{P3} - 20 \lg r_{CEP2} + 10 \lg \frac{\Phi}{4\pi} - \frac{\beta_a r_{CEP2}}{1000}$	44	46	46	51	53	54	41	36
13. $L_4 = L_{P4} - 20 \lg r_{CEP1} + 10 \lg \frac{\Phi}{4\pi} - \frac{\beta_a r_{CEP1}}{1000}$	48,6	53,6	56,6	58,6	60,6	61,6	66,6	58,6

Продовження табл. 4.11

1	2	3	4	5	6	7	8	9
14. $L_5 = L_{P5} - 20\lg r_{CEP1} + 10\lg\frac{\Phi}{4\pi} - \frac{\beta_a r_{CEP1}}{1000}$	38,6	41,6	48,6	55,6	63,6	58,6	54,6	48,6
15. $L_6 = L_{P6} - 20\lg r_{CEP2} + 10\lg\frac{\Phi}{4\pi} - \frac{\beta_a r_{CEP2}}{1000}$	44	46	46	51	53	54	41	36
16. L_H	71	61	54	49	45	42	40	39
17. $\Delta_П$	10	10	10	10	10	10	10	10
18. $L_{ДОП}$	81	71	64	59	55	52	50	49
19. $10\lg n$ ($n = 6$)	7,8	7,8	7,8	7,8	7,8	7,8	7,8	7,8
20. $\Delta L_{H1} = L_1 - L_{ДОП} + 10\lg n$	—	5,4	14,4	27,4	32,4	39,4	31,4	27,4
21. $\Delta L_{H2} = L_2 - L_{ДОП} + 10\lg n$	—	—	—	—	—	—	—	—
22. $\Delta L_{H3} = L_3 - L_{ДОП} + 10\lg n$	—	—	—	—	5,8	9,8	—	—
23. $\Delta L_{H4} = L_4 - L_{ДОП} + 10\lg n$	—	—	0,2	7,4	13,4	17,4	24,4	17,4
24. $\Delta L_{H5} = L_5 - L_{ДОП} + 10\lg n$	—	—	—	4,4	16,4	14,4	12,2	7,4
25. $\Delta L_{H6} = L_6 - L_{ДОП} + 10\lg n$	—	—	—	—	—	—	—	—

4.2. РОЗРАХУНОК ЗВУКОІЗОЛЯЦІЇ КАБІН СПОСТЕРЕЖЕННЯ ТА ДИСТАНЦІЙНОГО КЕРУВАННЯ

4.2.1. ЗВУКОІЗОЛЮВАЛЬНІ КАБІНИ

З метою захисту від шуму обслуговуючого персоналу на виробничих дільницях з шумними технологічними процесами або з шумним обладнанням необхідно влаштовувати кабіни спостереження та дистанційного контролю. Використовуючи звукоізолювальні кабіни, можна забезпечити практично будь-яке необхідне зниження шуму.

Кабіни виготовляються з цегли, бетону та інших будівельних матеріалів. Кабіни можуть бути збірними з металевих панелей. В приміщеннях з джерелами теплових випромінювань кабіни повинні також забезпечувати захист від цього шкідливого чинника.

Збірні звукоізолювальні кабіни встановлюються на гумових віброізоляторах. З метою зниження шуму, створюваного припливно-витяжною системою вентиляції, необхідно встановлювати глушники шуму з боку входу та виходу повітря.

Вікна повинні бути мінімальних розмірів з використанням товстого скла або з органічного скла. По периметру вікна необхідно герметизувати гумовими прокладками. При використанні подвійного скління між листами скла встановлюється звукоізолювальна прокладка по периметру вікна.

В дверях кабіни необхідно забезпечити щільність та герметичність по всьому периметру дверей. При умові високої необхідної ізоляції двері повинні бути подвійними.

В місцях прокладання технологічних комунікацій слід передбачати заходи щодо звукоізоляції.

Внутрішні поверхні кабіни личкуються звукопоглинальним матеріалом з максимальними коефіцієнтами звукопоглинання в діапазоні 250—2000 *Гц*.

Згідно з ГОСТ 12.2.098-84 звукоізолювальні кабіни залежно від ступеня ізоляції від повітряного шуму поділяються на чотири класи (табл. 4.12).

Таблиця 4.12

Ізоляція кабін від повітряного шуму, *дБ*

Клас кабіни	Середньогеометрична частота октавної смуги, *Гц*							
	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
1	25	30	35	40	45	50	50	45
2	15—24	20—29	25—34	30—39	35—44	40—49	40—49	35—44
3	5—14	10—19	15—24	20—29	25—34	30—39	30—39	25—34
4	0—4	0—9	5—14	10—19	15—24	20—29	20—29	15—24

Необхідне зниження шуму кабіною визначається за формулою

$$R_{КАБ.Н.} = L_{Ш} - L_{ДОП.} \qquad (4.28)$$

де $L_{Ш}$ — октавний рівень звукового тиску на робочому місці шумного приміщення на передбачуваному місці встановлення кабіни, *дБ* виміряний в діючому приміщенні або розрахований за методикою п. 4.1;

$L_{ДОП.}$ — допустимий рівень звукового тиску на робочих місцях в кабінах, *дБ*.

Необхідна звукоізолювальна здатність огороджувальних конструкцій, вікон та дверей звукоізолювальних кабін визначається за формулами (4.29) або (4.30)

$$R_{н.і.} = L_{РСУМ} - 10\lg B_{Ш} - 10\lg B_i + 10\lg S_i + 6 - L_{ДОП} + 10\lg n, \text{ дБ} \qquad (4.29)$$

$$R_{н.і.} = L_{СЕР} - 10\lg B_i + 10\lg S_i - L_{ДОП} + 10\lg n, \text{ дБ}, \qquad (4.30)$$

де $L_{РСУМ} = 10\lg \sum_{k=1}^{m} 10^{0,1L_{Pk}}$ — сумарний октавний рівень звукової потужності всіх джерел шуму в приміщенні; визначається за табл. 4.2;

L_{Pk} — октавний рівень звукової потужності, випромінюваної розглядуваним джерелом шуму, *дБ*;

m — загальна кількість джерел шуму в шумному приміщенні;

$B_{Ш}$, B_i — відповідно постійні шумного та ізольованого приміщень у даній октавній смузі частот, $м^2$; визначаються згідно з рис. 4.3 та табл. 4.3, 4,4;

S_i — площа розглядуваного огородження або його елемента, через котрі шум проникає в ізольоване приміщення, $м^2$;

$L_{ДОП}$ — допустимий за нормами октавний рівень звукового тиску в розрахунковій точці ізольованого приміщення, *дБ*;

n — загальна кількість окремих елементів огороджень, що розглядаються;

$L_{СЕР}$ — середній октавний рівень звукового тиску в шумному приміщенні, *дБ*.

За формулою (4.25) визначається необхідне зниження шуму кабіною $R_{КАБ.Н.}$.

Вибирається конструкція типової кабіни або проектується нова кабіна (вид кабіни, кількість вікон, матеріал огороджень, конструкція звукопоглинального личкування тощо).

За формулою (4.30) визначається необхідна ізоляція повітряного шуму $R_{н.і.}$ кожним елементом кабіни і вибирається відповідна конструкція цього елемента. При цьому використовуються дані щодо звукоізоляції огороджень.

4. Виконується перевірочний розрахунок очікуваного зниження шуму кабіною $R_{КАБ}$ за формулою

$$R_{КАБ} = R_{СЕР} + 10\lg B_K - 10\lg \sum_{i=1}^{n} S_i , \qquad (4.31)$$

де $R_{СЕР}$ — середня звукоізоляція всіх огороджень кабіни, *дБ*;

S_i — площа, $м^2$, кожного елемента огородження;

n — загальна кількість елементів огородження;

$R_{СЕР}$ — середня ізоляція повітряного шуму даною неоднорідною (збірною) огороджувальною конструкцією визначається за формулою

$$R_{СЕР} = 10\lg\left(\frac{S_{ЗАГ}}{\sum_{i=1}^{n} S_i \cdot 10^{-0,1R_i}}\right), \qquad (4.32)$$

де $S_{ЗАГ}$ — загальна площа неоднорідного огородження, $м^2$;

S_i та R_i — площа, $м^2$, і звукоізоляція, *дБ*, окремого елемента (вікна, дверей, суцільної частини огородження);

n — кількість елементів.

Необхідна звукоізоляція кожного з елементів в цьому випадку буде

$$R_{Hi} = R_{СЕР} + 10\lg\frac{S_i}{S_{ЗАГ}} + 10\lg n . \qquad (4.33)$$

Якщо в огородженні є лише один отвір (наприклад, вікно), то необхідну звукоізоляцію цього отвору R_0 можна визначити, використовуючи номограму (рис. 4.16), де по осі абсцис відкладена поправка $\Delta = R - R_{СЕР}$, котра кількісно показує погіршення звукоізоляції R суцільної частини огородження за рахунок отвору, а по осі ординат — різниця звукоізоляцій $R - R_0$; K — площа, яку займає огородження з меншою звукоізоляцією, %. Наприклад, якщо вікно в огородженні зі звукоізоляцією $R = 40$ *дБ* займає 20% площі при заданій середній звукоізоляції $R_{СЕР} = 32$ *дБ* ($\Delta = 8$ *дБ*), то необхідна звукоізоляція цього вікна складе $R_0 = 40 - 15 = 25$ *дБ*. У випадку, коли відомі величини R, R_0 і K, можна знайти $R_{СЕР}$. Наприклад, при $R = 30$ *дБ*, $R_0 = 20$ *дБ* та $K = 75\%$ значення $R_{СЕР} = 30 - 9 = 21$ *дБ*.

У випадку, коли звукоізоляція отвору площею S_0 рівна нулю (відкрите вікно) і $\frac{S_0}{S_{ЗАГ}} \ll 1$,

вираз (4.32) набере вигляду $R_{СЕР} \approx 10\lg\frac{S_{ЗАГ}}{S_0}$.

Розрахунок та проектування звукоізолювальних огороджень виконується з врахуванням величини R_H. Існує два шляхи розв'язання цього завдання. Перший — використання експериментальних даних щодо звукоізоляції одношарових та багатошарових огороджень (табл. 4.13—4.15), вікон (табл. 4.16) та дверей (табл. 4.17);

в цьому випадку звукоізоляція $R_{ОГОР}$ вибраної конструкції повинна бути не менше $R_Н$ в нормальному діапазоні частот, тобто $R_{ОГОР} \geq R_Н$. Другий шлях — розрахунок згідно з вимогами СНиП II-12-77 "Защита от шума. Нормы проектирования".

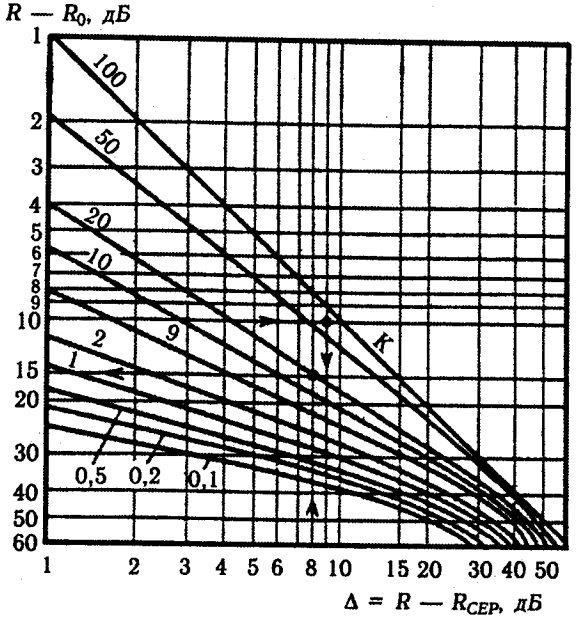


Рис. 4.16. Номограма для визначення звукоізоляції неоднорідного огородження

Таблиця 4.13

Звукоізоляція стін та перегородок, *дБ*

Конструкції	Товщина, *мм*	Поверхнева густина, *кг/м²*	Середньогеометрична частота октавної смуги, *Гц*							
			63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Цегляна кладка, відштукатурена з двох сторін	140	220	32	39	40	42	48	54	60	60
	270	420	36	41	44	51	58	64	65	65
	410	620	41	44	48	55	61	65	65	65
	520	820	45	45	52	59	65	70	70	70
	680	1000	45	47	55	60	67	70	70	70
Залізобетонна панель	50	125	31	31	33	36	43	49	58	60
	100	250	38	38	38	44	50	58	60	60
	160	400	43	43	43	51	60	63	63	63
	200	500	40	42	44	51	59	65	65	65
	300	750	44	44	50	58	65	69	69	69
	400	1000	45	47	55	61	67	70	70	70
Гіпсобетонна панель	80	115	32	32	33	39	47	54	60	60
Керамзитобетонна панель	80	100	33	33	34	39	47	52	60	60
Пемзобетонна панель, відштукатурена з двох сторін	130	255	37	37	37	46	50	60	60	60

Продовження табл. 4.13

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Шлакобетонна панель	140 250	250 400	39 42	39 42	39 42	46 50	53 59	60 64	60 64	60 64
Шлакоблоки, відштукатурені з двох сторін	220	360	41	42	42	48	54	60	63	65
Дерево-стружкова плита	30	12	23	23	26	26	26	26	26	26
Сталева плита з ребрами жорсткості	0,7 1 2 3 4 6 8 10	5,5 8 16 23 31 47 62 78	10 12 16 19 21 23 24 26	15 17 20 23 25 27 28 30	19 20 24 27 29 31 32 34	22 24 28 31 33 35 36 36	26 28 32 35 36 37 34 32	30 32 26 37 34 30 33 36	34 36 35 30 34 39 40 42	38 36 33 39 41 43 44 46

Таблиця 4.14

Ізоляція повітряного шуму подвійними стінами та перегородками, *дБ*

Конструкція	Товщина, *мм*		Поверхнева густина, *кг/м²*	Середньогеометрична частота октавної смуги, *Гц*					
	елемента	повітряного проміжку		125	250	500	1000	2000	4000
Дві цегляні стіни на спільному фундаменті	380, 510	150	1400	49	51	60	68	74	81
Дві цегляні стіни на роздільному фундаменті	380, 510	300	1400	61	65	72	80	88	95
Дві гіпсобетонні (гіпсолітові) плити на спільному фундаменті	95 95	100 40	270 270	41 36	43 40	42 45	48 47	56 52	62 57
Дві залізобетонні плити на спільному фундаменті	40	40	180	36	43	42	46	44	47
Дві гіпсобетонні перегородки	70	60	170	32	40	39	45	53	64
Те ж, з мінераловатяними плитами товщиною 35 *мм* у повітряному проміжку	70	60	180	35	40	41	46	56	57
Дві бетонні плити	70 40	50	340	44	42	48	54	59	58
	70	50	275	35	42	45	53	58	60
Дві керамзитобетонні плити	60	60	150	33	36	43	51	57	57
Дві сталеві профільовані плити з шаром пінополіуретану товщиною 60 *мм*	0,8	—	17	20	25	29	31	33	38
Дві сталеві плити з шаром з мінераловатяної плити товщиною 40 *мм*	2,0	—	36	21	34	43	39	57	57

Якщо $R_{СЕР} \geq R_{КАБ.Н.}$, то в цьому випадку розрахунок закінчується. В іншому випадку необхідно збільшити звукоізоляцію огороджень.

За конструктивними ознаками звукоізолювальні кабіни поділяються на групи, що розглядаються нижче.

Таблиця 4.15

Ізоляція повітряного шуму перекриттями, *дБ*

Конструкція	Товщина елемента, *мм*	Середня поверхнева густина, *кг/м²*	Середньогеометрична частота октавної смуги, *Гц*					
			125	250	500	1000	2000	4000
Залізобетонна панель	120	300	42	45	51	58	58	58
Те ж, з підлогами:								
— плитки ПХВ, дерево-стружкова плита, суцільна прокладка з м'яких деревно-волокнистих плит	3 20 25	323	37	42	51	58	58	58
— плитки ПХВ, дерево-стружкоа плита, стрічкові прокладки з м'яких деревно-волокнистих плит	3 20 25	320	39	43	47	53	57	58
Залізобетонна панель	140	350	40	47	52	56	61	—
Те ж, з підлогами:								
— лінолеум на повстяній підоснові	5	354	35	38	47	55	65	62
— лінолеум на тканинній підоснові, тверда деревно-волокниста плита, напівтверда деревно-волокниста плита	2 4 8	358	37	42	50	57	62	60
Те ж, з підлогами:								
— паркетна клепка, тверда і м'яка деревно-волокнисті плити	14 4 12,5	364	40	42	51	58	59	53
— плитки ПХВ, бітумна мастика, напівтверда деревно-волокниста плита бітумна мастика	3 5	355	35	41	47	53	60	59
Залізобетонна плита з круглими порожнинами	160	250	37	38	47	53	57	57
Те ж, з підлогами:								
— лінолеум на мастиці, цементно-піщана стяжка, шлакобетонна плита, суцільна прокладка з м'яких деревно-волокнистих плит	5 15 40 25	320	36	40	48	56	58	62
— лінолеум, гіпсова стяжка, шлакобетонна плита, стрічкові прокладки з м'яких деревно-волокнистих плит	4 10 45 25	300	42	45	52	59	65	68
Залізобетонна плита з овальними порожнинами та бетонною стяжкою	220	340	45	49	55	59	62	66

Таблиця 4.16

Звукоізоляція вікнами, *дБ*

Конструкція	Товщина, *мм*		Умови прилягання по периметру	Середньогеометрична частота октавної смуги, *Гц*					
	скла	повітряного проміжку		125	250	500	1000	2000	4000
Одинарне вікно з силікатним склом	3	—	По замазці	17	21	25	29	33	34
	4	—		19	23	27	31	35	29
	6	—	—//—	21	25	29	33	31	34
Одинарне вікно з органічним склом	5	—	—//—	13	18	23	28	33	35
	10	—	—//—	18	23	28	33	35	32
	20	—	—//—	23	28	33	35	32	40
Подвійне вікно з силікатним склом	3 і 3	100	—//—	37	32	37	43	49	45
	7 і 7	100	—//—	38	38	45	46	46	58
	3 і 3	100	Через прокладки з м'якої гуми	32	33	41	49	52	49
	3 і 3	200		38	39	49	49	52	49
	7 і 7	100		37	39	48	49	51	58
Подвійне вікно з органічним склом	4 і 4	100	—//—	23	33	39	48	55	61
	4 і 4	150	—//—	27	36	45	48	53	61
Склоблоки	98	—	—	37	40	42	45	48	50
Оглядові вікна з органічного скла	36 і 10	100	З герметизацією по периметру	31	41	50	60	62	70
	36 і 10	200		32	43	53	61	64	70
Оглядове вікно	60 і 18	200	—//—	40	47	55	63	70	70
Те ж	80 і 18	400	—//—	45	52	59	69	75	75

Таблиця 4.17

Звукоізоляція дверима, *дБ*

Конструкція	Умови прилягання по периметру	Середньогеометрична частота октавної смуги, *Гц*					
		125	250	500	1000	2000	4000
Стандартне дверне полотно товщиною 40 *мм*	Без ущільнювальних прокладок	12	14	16	22	22	20
	З ущільнювальними прокладками з пористої гуми	21	25	25	26	26	23
Те ж, з оббивкою дермантином по мінеральній повсті	Ущільнювальний валик на дверній коробці	20	26	29	32	35	36
Дверне полотно товщиною 84 *мм* з двох зовнішніх листів фанери та одного азбоцементного листа по 6 *мм* кожен з двох проміжних шарів скловолокна по 16 і 50 *мм*	Через два ряди прокладок з пористої гуми	21	25	31	37	39	35
Подвійні двері попередньої конструкції з тамбуром шириною 30 *мм*	Через два ряди прокладок з пористої гуми	31	29	36	46	49	42
Двері звукоізолювальні полегшені	Через прокладки з пористої гуми	18	30	39	42	45	42
Те ж, подвійні з тамбуром шириною 200 *мм*	Через прокладки з пористої гуми	25	42	55	58	60	60
Двері звукоізолювальні важкі	Через прокладки з пористої гуми	24	36	45	51	50	49
Те ж, подвійні з тамбуром шириною 300 *мм*	Через прокладки з пористої гуми	34	46	60	65	65	65

4.2.2. КОНСТРУКЦІЯ ЗВУКОІЗОЛЮВАЛЬНИХ КАБІН

Кабіни зі збірних елементів кріпляться до нерозбірного або збірно-розбірного каркаса з металевих профілів. Такі кабіни відносяться до третього або четвертого класу за акустичною ефективністю. Кабіни п`яти типорозмірів збираються на загальному каркасі з уніфікованих модульних елементів. Каркас складається з основи та стінок (рис. 4.17).

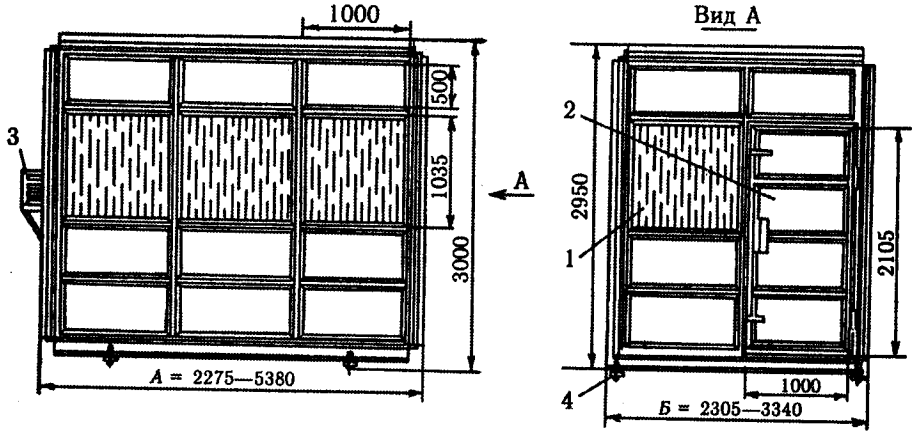


Рис. 4.17. Кабіна спостереження та дистанційного управління:
1 — вікно; 2 — двері; 3 — кондиціонер; 4 — опора віброізолююча

Основа зварена зі швелерів та кутників, на яких кріпляться дошки. До основи прикріпляються стінки кабіни, на котрих встановлюється стеля.

Кріплення здійснюються через гумові ущільнення. Стінки та двері виготовлені зі спеціальних профілів, які утворюють відсіки для встановлення звукоізолювальних елементів розміром 500х1000 *мм* і товщиною 50 *мм*, заповнених матами із супертонкого скловолокна. Внутрішня поверхня елементів перфорована. Кабіна встановлюється на віброізоляторах ОВ-31. З метою забезпечення оптимальних метеорологічних умов у кабіні встановлюється кондиціонер.

Кабіна ТбИОТ-ЗКСЭ-1 (рис. 4.18) призначена для захисту від шуму двох операторів. До збірно-розбірного каркасу кріпляться звукоізолювальні елементи на основі мінерально-ватяних плит ППМ-80, загорнутих в склотканину. Вікна кабіни мають подвійне скління з товщиною скла 4 *мм*. На кришці кабіни є два люка для під`єднання до автономного кондиціонера.

Кабіни зі збірних панелей і блоків призначені для захисту від шуму персоналу, котрий обслуговує компресори, повітродувки, турбіни тощо (рис. 4.19). На каркасі кабіни, виготовленому зі швелерів, кріпляться звукоізолювальні щити зі звукопоглинальним матеріалом з внутрішньою перфорованою поверхнею. Скління вікон кабіни — подвійне. Віброізоляція здійснюється за допомогою віброізоляторів типу ОВ-31.

На даху кабіни на віброізоляторах встановлено вентилятор з глушником шуму.

Кабіна для захисту від шуму оператора стенда випробування двигунів наведена на рис. 4.20. Вона складається з чотирьох панелей, стелі та підлоги. Панелі та стеля

виготовлені зі швелерної рами, до котрої із зовнішнього боку приварено сталевий лист. З внутрішнього боку кріпляться тонкі перфоровані листи. Простір між листами заповнюється мінерально-ватяними плитами ПП-80. Основа кабіни складається зі швелерної рами, до котрої приварено сталевий лист, на котрий нанесено протишумну мастику. Передбачені віброізоляція кабіни та її вентиляція.

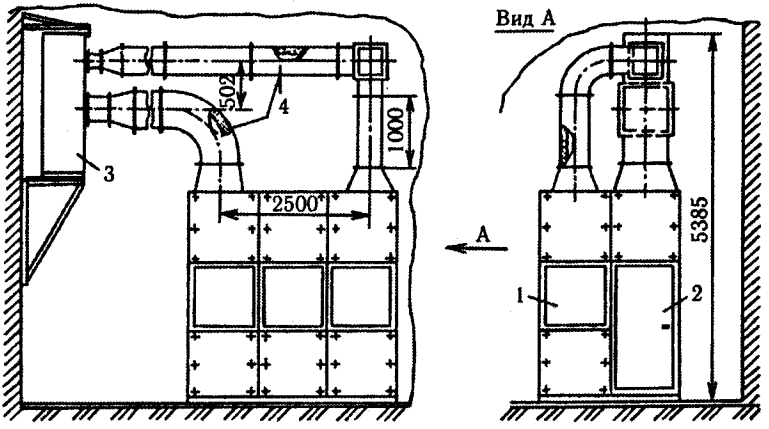


Рис. 4.18. Звукопоглинальна кабіна типу ТбИОТ-ЗКСЭ-1:
1 — вікно; 2 — двері; 3 — кондиціонер; 4 — повітроводи з глушниками шуму

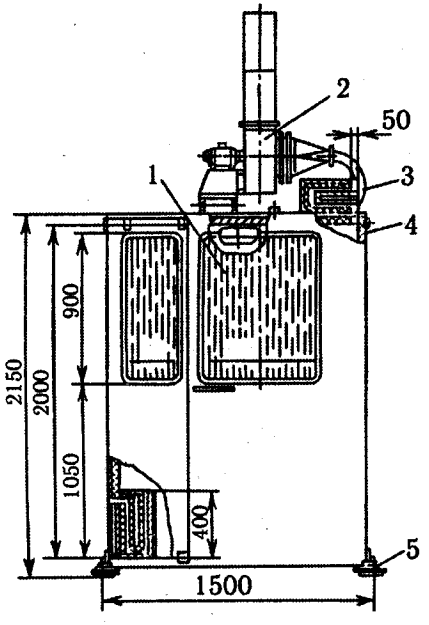


Рис. 4.19. Звукоізолювальна кабіна для захисту від шуму компресорів, повітродувок, турбін:
1 — вікно; 2 — вентилятор; 3 — глушник шуму; 4 — звукопоглинальний матеріал; 5 — віброізолятор

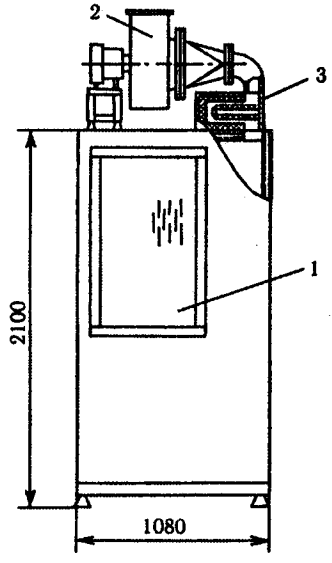


Рис. 4.20. Звукоізолювальна кабіна для захисту від шуму оператора стенда випробування двигунів:
1 — вікно, 2 — вентилятор, 3 — глушник шуму

Кабіна для захисту від шуму операторів компресорних та насосних станцій (рис. 4.21) складається з чотирьох стінок-панелей, даху та основи. Панелі та дах виготовлені з кутникових рам, котрі із зовнішнього боку обшиті сталевим листом товщиною 2 *мм*, а з внутрішнього боку — перфорованим листом товщиною 1 *мм*. Між листами розташовуються звукопоглинальні мати з базальтового волокна. Основа кабіни — дерев`яна, закрита лінолеумом.

Кабіна зі збірних панелей типу ТбИОТ-ЗКСП-3 (рис. 4.22) призначена для захисту від шуму операторів різання рулонів у металургійному виробництві і являє собою розбірну конструкцію, що складається з чотирьох стін-панелей, основи та даху.

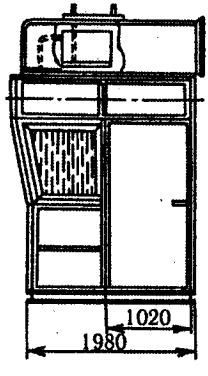


Рис. 4.21. Кабіна для захисту від шуму операторів компресорних та насосних станцій

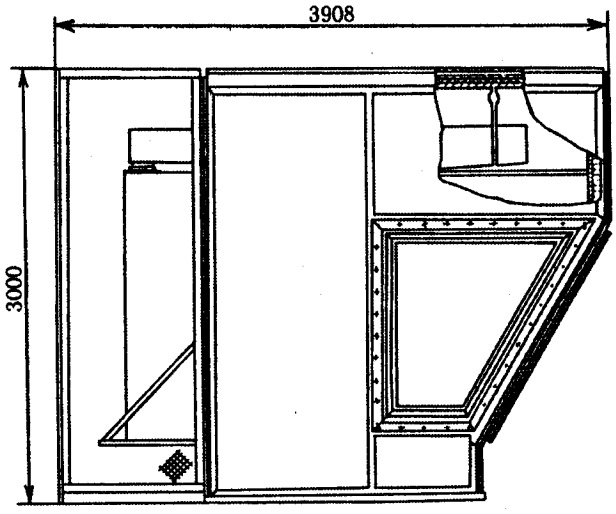


Рис. 4.22. Кабіна зі збірних панелей типу ТбИОТ-ЗКСП-3

Особливістю панелей та даху є те, що вони розділені на дві частини, одна з яких обшивається сталевими листами товщиною 2 *мм* і заповнюється піском, а друга — звукопоглинальними матами з базальтового волокна і закривається гіпсовими плитами типу АГШ. В основі як наповнювач також використовується пісок.

В кабіні зі збірних панелей ТбИОТ-ЗКСП-2 для захисту від шуму операторів технологічних процесів панелей також виконуються двошаровими: зовнішня сторона панелей — металеві листи товщиною 2 *мм*, а внутрішня виготовляється з акустичних гіпсових плит типу АГШ. Простір між листами та плитами заповнюється звукопоглинальними матами з базальтового волокна.

В табл. 4.18. наведено відомості щодо звукоізоляції кабін.

Таблиця 4.18

Звукоізоляція кабін, *дБ*

Тип кабіни	Середньогеометрична частота октавної смуги, *Гц*							
	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
1. Зі збірних елементів (рис. 4.17)	21	20	23	31	32	32	35	31
2. ТбИОТ-ЗКСЭ-1 (рис. 4.18)	17	15	20	35	34	38	37	34
3. Зі збірних панелей (рис. 4.19)	14	17	25	30	33	37	40	44
4. Зі збірних панелей (рис. 4.20)	9	13	20	30	30	33	37	38
5. Зі збірних панелей (рис. 4.21)	8	16	21	29	22	21	24	29
6. ТбИОТ-ЗКСП-3 (рис. 4.22)	18	25	35	43	45	54	55	54
7. ТбИОТ-ЗКСП-2	16	24	32	41	43	46	47	47

Кабіни нерозбірної конструкції призначені для захисту операторів різних технологічних процесів від шуму, вібрації, тепло-, пило- та газовиділень. Вона являє собою зварену каркасну конструкцію зі сталевих листів, між якими знаходяться мінераловатяні плити. Для спостереження за технологічним процесом у трьох стінах кабіни розташовані вікна з подвійним склінням. У верхній частині кабіни знаходиться отвір з фланцем для під'єднання до цехової системи вентиляції.

4.2.3. ЗВУКОІЗОЛЯЦІЯ МІСЦЬ ПРОХОДЖЕННЯ КОМУНІКАЦІЙ ЧЕРЕЗ ОГОРОДЖУВАЛЬНІ ЕЛЕМЕНТИ КАБІН

Між звукоізолювальними кабінами спостереження та дистанційного керування і виробничими приміщеннями проходять технологічні комунікації (вентиляційні труби, труби опалення, трубки вимірювальних систем, шини, електропровідники та елементи інших пристроїв). Для них у стінах та перекриттях передбачаються спеціальні отвори. Якщо отвори не будуть надійно звукоізольовані, то шум з виробничого приміщення буде поширюватись у кабіну.

На рис. 4.23 показано схему звукоізоляції місць проходження комунікацій через стіну або перекриття. В огородженні виконується отвір, розмір котрого в 1,5—2 рази більший, ніж труба. Отвір окантовується металевим кутником. По обох боках на гвинтах або шпильках до нього під'єднують розрізні фланці. Порожнина, що утворилась, заповнюється звукопоглинальним або в'язкопружним матеріалом. Якщо здійснюється звукоізоляція струмонесучих шин, то прокладання і заповнення повинні бути електроізолювальними. Таке з'єднання забезпечує надійну звукоізоляцію і добре компенсує основні переміщення труб при коливаннях температури.

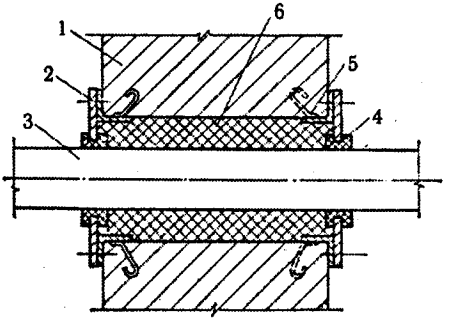


Рис. 4.23. Звукоізоляція проходу технологічних комунікацій через огородження:
1 — стіна або перекриття; 2 — розрізний фланець; 3 — елемент комунікації; 4 — еластична прокладка; 5 — окантування отвору; 6 — мінеральна вата

На рис. 4.24 показано звукоізолювальний пристрій для проводів або тонких манометричних трубок. Він дозволяє прокладати нові проводи або трубки, не вдаючись до розбирання конструкції. В отворі стіни або перекриття жорстко встановлюється металева коробка. Всередині її є шар звукопоглинального матеріалу, вкритого перфорованим листом. Між листами утворюється щілина, ширина якої залежить від кількості комунікацій. В цю

щілину пропускають проводи або трубки. Дві кришки (по одній з кожного боку) встановлюються на петлях і можуть відкидатись під час монтажу. Після пропускання комунікацій кришки піднімають і прикручують до відкидних болтів. Кришки виготовляють з листа товщиною 6—8 *мм* і заповнюють всередині звукопоглиначем, закритим перфорованим листом. Між стіною та кришкою розташовують прокладки з губчастої гуми. Товщина шару звукопоглинального матеріалу в коробці та на кришках повинна бути не менше 100 *мм*.

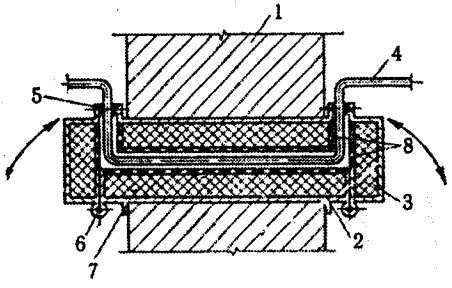


Рис. 4.24. Розбірний пристрій для проводів або мікрометричних трубок:
1 — огородження; 2 — коробка; 3 — відкидні кришки; 4 — елемент ізольованої комунікації; 5 — гумова прокладка; 6 — шарнір; 7 — звукопоглинальний матеріал; 8 — перфорований лист

Схема герметизованого проходу вентиляційної труби наведено на рис. 4.25.

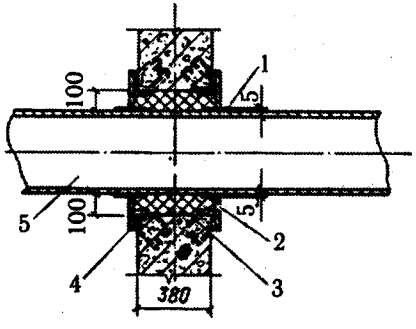


Рис. 4.25. Герметизований прохід вентиляційних труб через цегляну стіну:
1 — ущільнення з м'якої гуми; 2 — металевий лист товщиною 4 *мм*; 3 — звукоізолювальний матеріал з ущільненням (повсть або мінерально-ватяні плити); 4 — металева рамка по периметру отвору; 5 — вентиляційна труба

Електричні проводи, труби та інші комунікації можна вводити в кабіну через спеціальні канали в підлозі цеху (рис. 4.26).

Вентиляція кабін здійснюється через отвори в щитах, закритих зовні глушниками шуму (рис. 4.27).

Кожух *3* глушника виготовляють з листової сталі розміром 700x700x150 *мм*. Рамка глушника *1* дерев'яна, перегородки *6* фанерні, внутрішні стінки глушника личкуються звукопоглинальними матами *4, 5* з міткаля та мінеральної вати, приклеєними гарячим бітумом до кожуха.

Більш ефективною є примусова вентиляція кабіни. У цьому випадку повітропроводи приєднуються до зовнішніх отворів глушника через брезентові дифузори, що дозволяє запобігати поширенню вібрації та шуму від вентилятора.

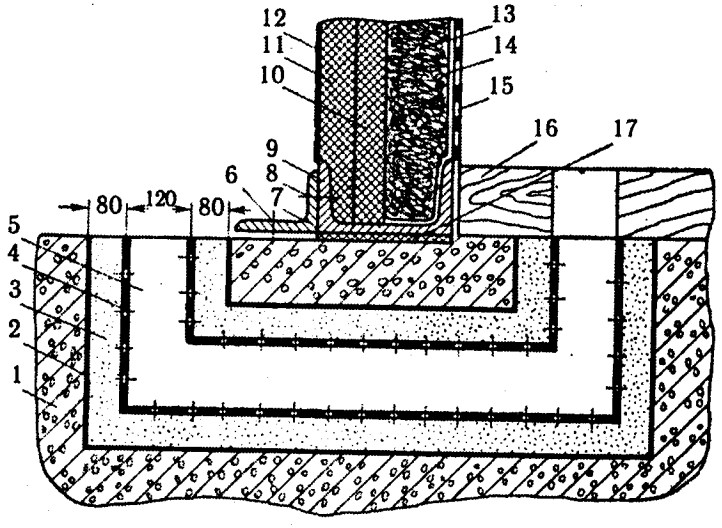


Рис. 4.26. Канал для введення труб та електропроводів:
1 — залізобетонне перекриття; 2 — металевий кожух; 3 — звукоізолювальна прокладка; 4 — перфороване личкування; 5 — канал; 6 — фундаментний болт; 7 — кутник; 8 — з'єднувальний болт; 9 — швелер; 10, 11 — деревинно-волокниста плита; 12 — зовнішнє личкування; 13 — мінеральна вата; 14 — тканина міткаль; 15 — перфороване личкування; 16 — щитова дерев'яна підлога кабіни; 17 — гумовий килимок

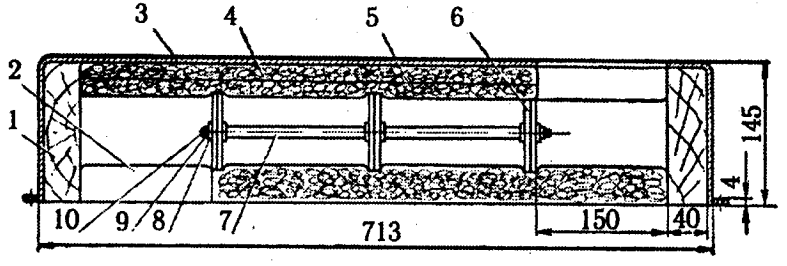


Рис. 4.27. Глушник шуму звукоізолювальної кабіни:
1 — дерев'яна рама; 2 — отвір для проходу повітря; 3 — металевий кожух глушника; 4, 5 — звукопоглинальний матеріал; 6 — перегородка; 7 — розпірна труба; 8 — шайба; 9 — гайка; 10 — стяжка

Приклад 4.3. Виконати проект стіни (з вікном та дверима) та перекриття кабіни спостереження залу вібростендів, що має розміри 12х18х8 *м*. Розміри кабіни спостереження — 12х6х4 *м*. Площа глухої частини стіни S_1 та перекриття кабіни спостереження S_2, що межує з залом вібростендів, відповідно складає 48 та 72 $м^2$, площа дверей $S_3 = 4$ $м^2$, площа вікна $S_4 = 3$ $м^2$.

Сумарний рівень звукової потужності $L_{РСУМ}$, випромінюваної всіма вібростендами, наведено в табл. 4.19.

Таблиця 4.19

Сумарний рівень звукової потужності вібростендів

Середньогеометрична частота, *Гц*	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
$L_{РСУМ}$, *дБ*	93	90	91	108	107	116	115	117

Розв'язок. Визначаємо за рис. 4.3 постійні $B_Ш$ та B_i відповідно шумного та ізольованого приміщень, котрі відносяться до категорії *а* (табл. 4.3).

Необхідна звукоізолювальна здатність кожного елемента огородження визначається за формулою (4.30). Допустимі рівні звукового тиску вибираються за табл. 4.6 (спектр ГС-70). Розрахунок наведено в табл. 4.20.

Конструкція елементів огородження з необхідною величиною звукоізолювальної здатності вибирається за табл. 4.13—4.19. Величини звукоізолювальної здатності вибраних конструкцій наведено в табл. 4.15.

Таблиця 4.20

Звукоізолювальна здатність вибраних будівельних конструкцій

Конструкція	Посилання	Звукоізолювальна здатність, *дБ* при середньогеометричній частоті, *Гц*					
		125	250	500	1000	2000	4000
1. Стіни та перекриття з гіпсобетонних плит товщиною 80 *мм*	табл. 4.13	32	33	39	47	54	60
2. Стандартне дверне полотно товщиною 40 *мм* з ущільнювальними прокладками з пористої гуми	табл. 4.17	21	25	25	26	26	23
3. Одинарне вікно з силікатним склом	табл. 4.16	17	21	25	29	33	35

Таблиця 4.21

Результати розрахунку звукоізоляції кабіни спостереження

Величина	Одиниця вимірювання	Посилання	Середньогеометрична частота, *Гц*							
			63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1. $B_{Ш1000}$ (V = 1700 $м^3$)	$м^2$	Рис. 4.3, табл. 4.3	—	—	—	—	70	—	—	—
2. μ	—	Табл. 4.4	0,5	0,5	0,58	0,7	1,0	1,6	3,0	6,0
3. $B_Ш = B_{Ш1000}\ \mu$	$м^2$	—	35	35	40	49	70	110	210	420
4. $B_{і1000}$ (V = 290 $м^3$)	$м^2$	Рис. 4.3, табл. 4.3	—	—	—	—	30	—	—	—
5. μ	—	Табл. 4.4	0,65	0,62	0,64	0,75	1,0	1,5	2,4	4,2

Продовження табл. 4.21

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
6. $B_i = B_{1000} \cdot \mu$	$м^2$	—	20	19	19	23	30	45	72	126
7. $L_{РСУМ}$	$дБ$	Табл. 4.19	93	90	91	108	117	116	115	117
8. $L_{ДОП} = L_H$	$дБ$	Табл. 4.6	94	87	82	78	75	73	71	70
9. $10\lg n + 6$	$дБ$	—	12	12	12	12	12	12	12	12
10. $10\lg B_Ш$	$дБ$	—	15	15	16	17	18	20	23	26
11. $10\lg B_i$	$дБ$	—	13	13	13	14	15	16	18	21
12. Δ	$дБ$	(7)-(8)+(9)-(10)-(11)	-17	-13	-8	+11	+21	+19	+15	+12
13. $10\lg S_1$ ($S_1 = 48\ м^2$)	$дБ$	—	17	17	17	17	17	17	17	17
14. $10\lg S_2$ ($S_2 = 72\ м^2$)	$дБ$	—	19	19	19	19	19	19	19	19
15. $10\lg S_3$ ($S_3 = 4\ м^2$)	$дБ$	—	6	6	6	6	6	6	6	6
16. $10\lg S_4$ ($S_4 = 3\ м^2$)	$дБ$	—	5	5	5	5	5	5	5	5
17. $R_{H.1} = \Delta + 10\lg S_1$	$дБ$	Формула 4.30	0	4	9	28	38	36	32	29
18. $R_{H.2} = \Delta + 10\lg S_2$	$дБ$	Формула 4.30	2	6	8	30	40	38	34	31
19. $R_{H.3} = \Delta + 10\lg S_3$	$дБ$	Формула 4.30	0	0	0	17	27	27	21	18
20. $R_{H.4} = \Delta + 10\lg S_4$	$дБ$	Формула 4.30	0	0	0	16	26	24	20	17

Таким чином, звукоізолювальна здатність вибраних будівельних конструкцій перевищує необхідну звукоізолювальну здатність на всіх частотах, за винятком дверей, де на частотах 1000 та 2000 *Гц* існує невідповідність вказаних характеристик кабіни. Тому необхідно додатково оббити двері дермантином по мінеральній повсті (табл. 4.17).

4.3. РОЗРАХУНОК ВЕЛИЧИНИ ЗВУКОПОГЛИНАННЯ В ПРИМІЩЕННЯХ ПІСЛЯ ЇХ АКУСТИЧНОЇ ОБРОБКИ

Засоби звукопоглинання застосовуються для зниження шуму на робочих місцях, котрі знаходяться в приміщеннях з джерелами шуму або в приміщеннях без джерел шуму, куди він проникає з сусідніх шумних приміщень.

Як звукопоглинальні засоби використовують звукопоглинальні личкування та штучні звукопоглиначі, котрі застосовуються у випадках, коли необхідне зниження шуму ΔL_H в розрахункових точках перевищує 1—3 *дБ* не менше ніж в трьох октавних смугах частот або 5 *дБ* хоча б в одній зі смуг. Використання даних засобів в приміщенні називається акустичною обробкою.

Інтенсивність звуку в приміщенні є складовою інтенсивностей прямого $I_{ПР}$ та відбитого $I_{ВІДБ}$ звуку. Акустичне співвідношення $Q = \dfrac{I_{ВІДБ}}{I_{ПР}}$ характеризує переважання одного звуку над іншим.

Поблизу джерел шуму $Q < 1$, і тут переважає прямий звук. На певній відстані від джерел шуму спостерігається відбитий шум ($Q > 1$).

Акустичний ефект звукопоглинального личкування та штучних звукопоглиначів базується на зниженні інтенсивності відбитого звуку. В зв`язку з цим зниження шуму в розрахунковій точці значною мірою буде залежати від її розташування в приміщенні, тобто від величини Q. В зоні відбитого звуку $\Delta L_A = 10—15$ *дБА*, а на робочих місцях в зоні прямого звуку $\Delta L_A = 3—6$ *дБА*. Максимально можливе зниження рівня звукового тиску в даній точці приміщення при його акустичній обробці $\Delta L_{max} = 10\lg(1 + Q)$. Величина Q залежить від форми приміщення.

Максимальне зниження рівня звукового тиску ΔL, *дБ*, в розрахунковій точці, котра розташована в зоні відбитого звуку, при наявності звукопоглинальних конструкцій визначається за формулою

$$\Delta L = 10\lg\frac{B_1\psi}{B\psi_1}, \tag{4.34}$$

де ψ та ψ_1 — коефіцієнти, що визначаються згідно з рис. 4.28 до та після встановлення звукопоглинальних конструкцій.

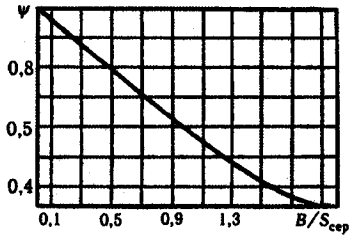


Рис. 4.28. Графік для визначення ψ

Постійна приміщення B_1 визначається за формулою

$$B_1 = \frac{A_1 + \Delta A}{1 - \alpha_1}, \tag{4.35}$$

де A_1 — значення звукопоглинання неличкованих огороджувальних поверхонь, $м^2$;

$A_1 = \alpha\,(S_{ОГОР} - S_{ЛИЧ})$;

α — середній коефіцієнт звукопоглинання приміщення до встановлення звукопоглинальних конструкцій; $\alpha = \dfrac{B}{B + S_{ОГОР}}$;

$S_{ОГОР}$ — загальна площа огороджувальних поверхонь приміщення, $м^2$;

ΔA — значення додаткового звукопоглинання, забезпечуваного личкуванням та штучними звукопоглиначами; $\Delta A = \alpha_{ЛИЧ} \cdot S_{ЛИЧ} + A_{ШТ} \cdot n_{ШТ}$;

$\alpha_{ЛИЧ}$ — реверберaційний коефіцієнт звукопоглинання личкування в октавній смузі частот, що визначається за табл. 4.22 та 4.23;

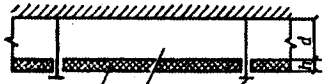
$A_{шт}$ — значення звукопоглинання штучного звукопоглинача, $м^2$; визначається за табл. 4.24;

$n_{шт}$ — кількість штучних звукопоглиначів;

α_1 — середній коефіцієнт звукопоглинання приміщення після встановлення звукопоглинальних конструкцій; $\alpha_1 = \dfrac{A_1 + \Delta A}{S_{огор}}$.

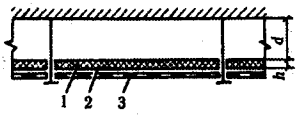
Таблиця 4.22

Характеристика акустичних плит

Марка і характеристика плити	Середня щільність, $кг/м^3$	Товщина плити h, $мм$	Повітряний проміжок d, $мм$	Реверберацийний коефіцієнт звукопоглинання $a_{лнч}$ в октавній смузі з середньогеометричною частотою, $Гц$							
				63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
 1 — акустична плита; 2 — повітряний проміжок; 3 — елемент кріплення											
ПА/О мінерально-ватяні акустичні з ненаскрізною перфорацією по квадрату діаметром 4 *мм* (коефіцієнт перфорації 13%), розмірами 500х500 *мм*	150	20	0	0,02	0,03	0,17	0,68	0,98	0,86	0,45	0,2
			50	0,02	0,05	0,42	0,98	0,90	0,79	0,45	0,19
ПА/С мінерально-ватяні акустичні, обробка "набризком" розмірами 500х500 *мм*	150	20	0	0,02	0,05	0,21	0,66	0,91	0,95	0,89	0,70
			50	0,02	0,12	0,36	0,88	0,94	0,84	0,80	0,65
			100	0,07	0,17	0,64	0,99	0,93	0,98	0,9	0,83
"Акмігран", "Акмініт" мінерально-ватяні розмірами 300х300 *мм*	400	20	0	0,02	0,11	0,30	0,85	0,9	0,78	0,72	0,59
			50	0,01	0,2	0,71	0,88	0,81	0,71	0,79	0,65
			200	0,3	0,48	0,71	0,70	0,79	0,77	0,62	0,59
"Сілакпор" розмірами 450х450 *мм*	350	45	0	0,10	0,25	0,45	0,60	0,70	0,80	0,90	0,95
ПА мінерально-ватяні плоскі самонесучі офактурені шириною 500, 900, 1000 *мм*, довжиною 1000, 1500, 1800, 2000 *мм*	125—150	40—50	0	0,28	0,43	0,83	1,0	1,0	0,85	0,8	0,75
			180	0,5	0,7	0,85	0,93	0,98	0,95	0,84	0,8
"Вініпор" еластичний (в рулоні)	180	35	0	—	—	0,065	0,12	0,19	0,45	0,89	0,89
"Вініпор" (напівжорсткий)	120	30	0	—	0,15	0,25	0,56	0,85	1,0	1,0	1,0
		50	0	0,06	0,23	0,46	0,93	1,0	1,0	1,0	1,0
		50	50	0,12	0,28	0,63	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
		50	150	0,15	0,33	0,83	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
ПП-80, ППМ, ПММ звукопоглинаючі напівжорсткі	80	30	0	—	0,08	0,3	0,64	0,89	0,95	0,83	0,73
		50	50	—	0,21	0,4	0,72	0,98	0,79	0,75	0,75
			0	—	0,14	0,52	0,9	0,99	0,42	0,82	0,78
			50	—	0,2	0,61	0,9	0,94	0,92	0,78	0,76

Таблиця 4.23

Характеристика звукопоглинальних личкувань із шарів пористо-волокнистих матеріалів

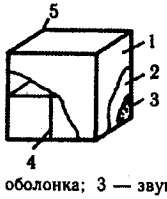
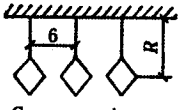
Конструкція	Середня густина звукопоглинального матеріалу, $кг/м^3$	Товщина шару звукопоглинального матеріалу h, *мм*	Повітряний проміжок d, *мм*	Реверберацiйний коефіцієнт звукопоглинання $a_{лнч}$ в октавній смузі з середньогеометричною частотою, *Гц*							
				63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
 1 — звукопоглинальний матеріал; 2 —захисна оболонка; 3 —перфороване покриття											
Мінерально-ватяна плита *1*, склотканина *2* типу ЭЗ-100, гіпсова плита *3*, розмірами 500х500 *мм*, товщиною 6 *мм*, перфорацією по квадрату 13%, діаметром 10 *мм*	80	60	0	(0,1)	0,31	0,70	0,95	0,69	0,59	0,50	0,30
Те ж, але 1 — прошивні мінерально-ватяні мати	100	100	0	0,15	0,42	0,81	0,82	0,69	0,58	0,59	0,58
Те ж, але 1 — супертонке скловолокно	15	100	0 250	0,3 0,4	0,66 1,0	1,0 1,0	1,0 1,0	1,0 1,0	0,96 1,0	0,7 0,92	0,55 0,8
Прошивні мінерально-ватяні мати *1*, склотканина *2* типу ЭЗ-100, просічно-витяжний лист *3* товщиною 2 *мм*, перфорацією 74%	100	100	0	0,11	0,75	0,75	1,0	0,95	0,90	0,92	0,95
Те ж, але *1* — мінерально-ватяна плита	125	50	0	0,09	0,55	0,55	1,0	0,86	0,79	0,85	0,85
Те ж, але *1* — супертонке скловолокно	15	50	0 250	0,07 0,25	0,1 1,0	0,1 1,0	0,95 1,0	1,0 1,0	1,0 1,0	1,0 1,0	0,95 0,95
Те ж, але *1* — мати з супертонкого базальтового волокна	20	50	0 100	0,05 0,2	0,66 0,9	0,66 0,9	0,98 0,99	0,99 1,0	0,98 1,0	0,95 0,98	0,95 0,97
Супертонке базальтове волокно *1*, склотканина *2* типу ЭЗ-100; металевий перфорований лист *3* з перфорацією 27%	20	50 100	0 50 0	0,06 0,12 0,22	0,5 0,69 0,73	0,5 0,69 0,73	0,82 0,81 0,8	0,9 0,83 0,88	0,92 0,89 0,92	0,85 0,85 0,85	0,64 0,64 0,84
Те ж, але 1 — супертонке скловолокно	15	50 100	0 50 0	0,07 0,09 0,19	0,47 0,65 0,81	0,47 0,65 0,81	0,83 0,94 0,94	0,98 0,89 0,94	0,91 0,94 0,9	0,82 0,81 0,81	0,58 0,58 0,58
Мати з супертонкого скловолокна, оболонка із склотканини типу ЭЗ-100	15	50	0	0,1	0,85	0,85	0,98	1,0	0,93	0,97	1,0
Мати із супертонкого базальтового волокна, оболонка з декоративної склотканини типу ТСД	20	50 200	0 50 0	0,1 0,15 0,28	0,9 1,0 1,0	0,9 1,0 1,0	1,0 1,0 1,0	1,0 1,0 0,9	0,95 1,0 0,81	0,90 0,95 0,97	0,85 0,95 0,96

Продовження табл. 4.23

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Мати *1* з супертонкого базальтового волокна в оболонці з склотканини типу ЭЗ-100; алюмінієві перфоровані листи 3 товщиною 1,2 *мм*, перфорацією 20%, діаметром 5,5 *мм*	20	50	0	0,04	0,3	0,82	1,0	0,96	0,92	0,88	0,82
			50	0,05	0,24	1,0	1,0	0,94	0,9	0,9	0,87
			100	0,05	0,23	1,0	1,0	0,96	0,92	0,93	0,87
			150	0,06	0,23	0,96	0,91	0,98	0,98	1,0	1,0
Звукопоглинальні мати з штапельного капронового волокна	50	50—60	0	0,1	0,12	0,18	0,4	0,77	0,9	0,98	0,9
			50	0,12	0,2	0,4	0,72	0,9	0,8	0,98	0,92
Теплозвукоізолювальний матеріал АТМ-1	10	50	0	0,05	0,12	0,28	0,76	0,99	0,99	0,94	0,9
			50	0,07	0,16	0,66	0,99	0,87	0,97	0,92	0,9
Теплозвукоізолювальні мати АТИМС	80	15	0	—	0,03	0,12	0,47	0,75	0,84	0,84	0,9
			50	—	0,08	0,26	0,64	0,89	0,75	0,78	0,8
		50	0	0,13	0,14	0,38	0,67	0,73	0,83	0,89	0,91
			50	0,15	0,3	0,6	0,62	0,69	0,83	0,9	0,92
Теплозвукоізолювальний матеріал ВТ4С	25	50	0	0,1	0,12	0,21	0,44	0,77	0,9	0,92	0,9
			50	0,11	0,16	0,4	0,83	0,94	0,82	0,92	0,8

Таблиця 4.24

Характеристика штучних звукопоглиначів

Форма конструкції	Звукопоглинальний шар		Відстань, *мм*		Еквівалентна площа звукопоглинання $A_{шт.}$ $м^3$, в октавній смузі з середньогеометричною частотою, *Гц*							
	Щільність, $кг/м^3$	Товщина, *мм*	між центрами *b*	від стелі до поглинача *R*	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
  Схема розміщення 1 — поверхня; 2 — оболонка; 3 — звукопоглинач; 4 — каркас; 5 — точка підвісу												
Куб зі стороною 400 *мм*: *1* — просічно-витяжний лист товщиною 2 *мм*, перфорація 74%; *2* — склотканина типу ЭЗ-100; *3* — супертонке скловолокно; *4* — дротяний каркас	15	60	2500	1250	0,14	0,40	0,75	1,23	1,14	1,05	0,82	0,67
Куб зі стороною 400 *мм*: *1* — просічно-витяжний лист товщиною 2 *мм*, перфорація 74%; *2* — склотканина типу ЭЗ-100; *3* — супертонке скловолокно; *4* — дротяний каркас	15	60	1500	1250	0,08	0,23	0,55	1,03	0,97	0,86	0,75	0,60
Те ж, але зі стороною 320 *мм*	15	60	2000	1000	0,1	0,16	0,37	0,68	0,84	0,66	0,52	0,37

Продовження табл. 4.24

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Те ж, але зі стороною 400 *мм*; *3* — супертонке базальтове волокно	20	40	1350	1200	0,15	0,27	1,08	1,06	1,17	1,14	1,0	1,01
Те ж	20	Суцільне заповнення	1200	1200	0,18	0,26	0,6	1,03	1,09	1,08	1,08	1,01
Те ж; *3* — відходи капронових волокон	20	Те ж	1200	1200	0,23	0,34	1,0	0,93	1,03	1,0	1,0	1,0
Те ж; *3* — супертонке скловолокно	20	Те ж	1200	1200	0,1	0,25	0,93	1,12	1,03	1,04	1,2	1,0
Те ж; *1* — перфорована плівка з вінілпласту, перфорація 33%; *2* — склотканина ЭЗ-100; супертонке скловолокно	15	Те ж	1200	1600	0,07	0,19	0,73	0,89	1,11	1,05	1,06	1,12
Те ж; *3* — мінераловатяна плита ПП-80	80	25	1200	1350	0,18	0,25	0,53	0,61	1,03	1,1	1,07	0,99
Паралелепіпед розмірами 2600x600x300 *мм*: *1* — просічно-витяжний лист; *2* — склотканина типу ЭЗ-100; *3* — супертонке скловолокно; *4* — каркас трикутного профілю	15	300	0	0	0,59	0,66	1,87	2,1	2,1	1,7	1,87	2,5
Паралелепіпед розмірами 4000x1000x50 *мм*: *1* — просічно-витяжний лист; *2* — оболонка із склотканини типу ТСД; *3* — мати з супертонкого базальтового волокна; *4* — металевий каркас	20	50	1500	1000	0,28	0,56	2,52	4,8	4,95	6,05	6,41	5,12
Те ж, розмірами 3000x500x50 *мм*	20	50	1300	1000	0,2	0,35	1,1	3,1	3,52	3,16	3,4	2,4
Те ж, розмірами 1000x500x80 *мм*; *3* — мінераловатяна плита в оболонці із склотканини типу ТСД	80	80	500	0	0,31	0,38	0,81	1,14	1,22	1,18	1,07	1,0
Елемент кулісного типу з плит ПА	—	—	—	—	0,5	0,6	1,12	1,8	1,95	1,6	1,2	1,2
Акустична неармована мінераловатяна плита	125 150	40 50	0 0	0 50	0,2 0,52	0,5 0,66	1,23 1,17	1,25 1,21	1,16 1,05	1,05 1,04	1,08 1,03	1,06 1,0

Необхідна площа звукопоглинального личкування може бути визначена за формулою

$$S_{лич} = \frac{\Delta A_н}{\alpha_{лич}}, \qquad (4.36)$$

де $\Delta A_н$ — значення звукопоглинання, що забезпечує необхідне зниження рівня звукового тиску (РЗТ) і визначається за номограмами (рис. 4.18) та за відомими величинами $\alpha, \Delta L_н, S_{огор}$.

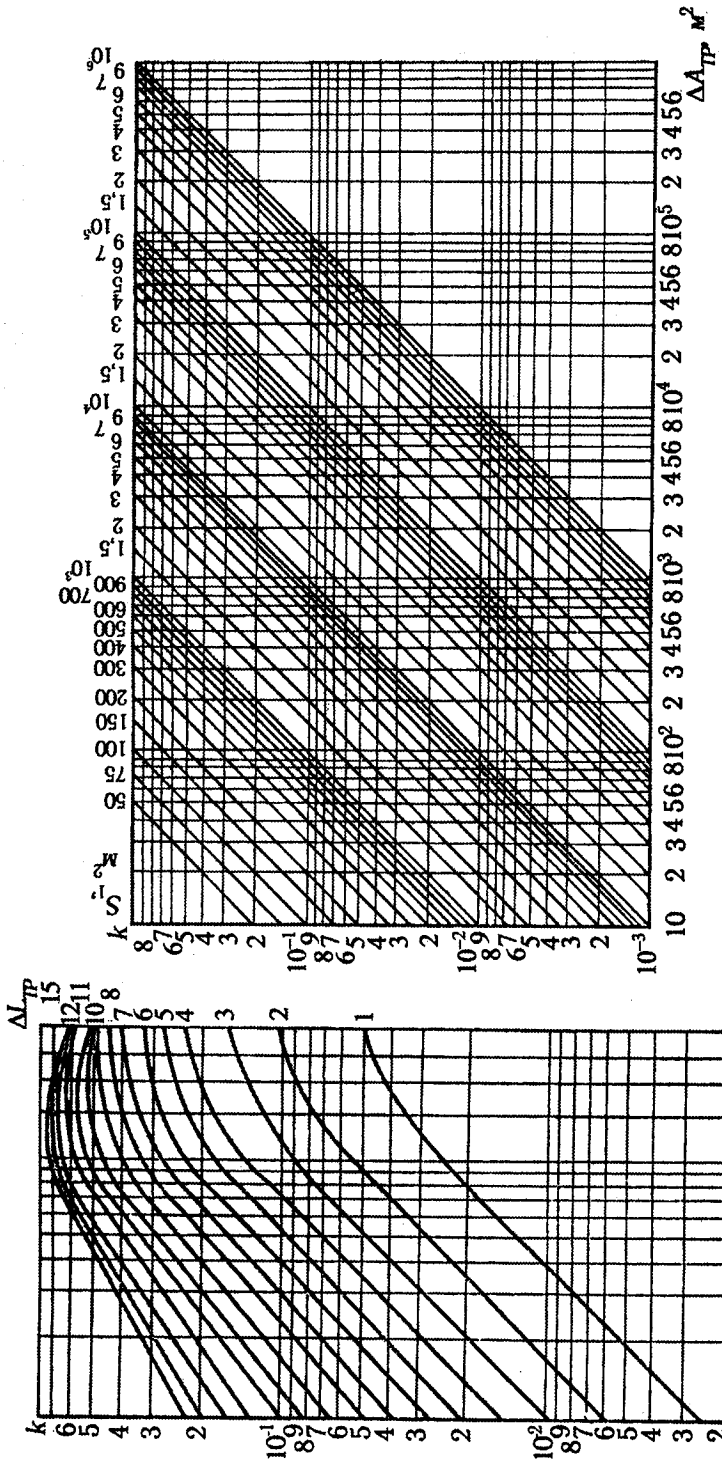


Рис. 4.29. Номограми для розрахунку $\Delta A_н$

Зниження РЗТ на робочих місцях, тобто в зоні прямого звуку, визначається за формулою

$$\Delta L = 10\lg\left(\sum_{i=1}^{m}\frac{\Delta_i æ_i \Phi_i}{S_i} + \frac{4\psi}{B}\sum_{i=1}^{n}\Delta_1\right) - 10\lg\left(\sum_{i=1}^{m}\frac{\Delta_i æ_i \Phi_i}{S_i} + \frac{4\psi_1}{B_1}\sum_{i=1}^{n}\Delta_i\right). \qquad (4.37)$$

Звукопоглиначі, використовувані для акустичної обробки приміщень, поділяються на три групи.

1. Акустичні плити повної заводської готовності з жорсткою і напівжорсткою волокнистою, зернистою або чарунковою структурою: плити "Акмігран", "Акмініт", "Сілакпор", ПА/С, ПА, ПС тощо. Загальний вигляд личкувань з використанням цих плит наведено на рис. 4.30, а реверберації коефіцієнти звукопоглинання $\alpha_{лич}$ подано в табл. 4.22.

2. Шпаристо-волокнисті матеріали (скляне або базальтове волокно, мінеральна вата) в захисній оболонці з тканини або плівки з перфорованим покриттям (металевим, гіпсовим тощо), що являє собою багатошарову конструкцію (рис. 4.31).

Значення $\alpha_{лич}$ для цієї групи личкувань, а також для шарів кількох матеріалів в захисних оболонках без перфорованого покриття наведено в табл. 4.23.

Звукопоглинальний матеріал личкувань цих двох груп звукопоглиначів може встановлюватись на жорсткій основі, якщо він кріпиться безпосередньо на поверхні огородження. Існує варіант кріплення з повітряним прошарком між звукопоглиначем і основою.

В останньому випадку забезпечуються більші значення $\alpha_{лич}$ у високочастотному діапазоні.

3. Штучні звукопоглиначі у вигляді одно- або багатошарових об`ємних звукопоглинальних конструкцій, які мають форму куба, паралелепіпеда, конуса, що підвішуються до стелі приміщення (рис. 4.32).

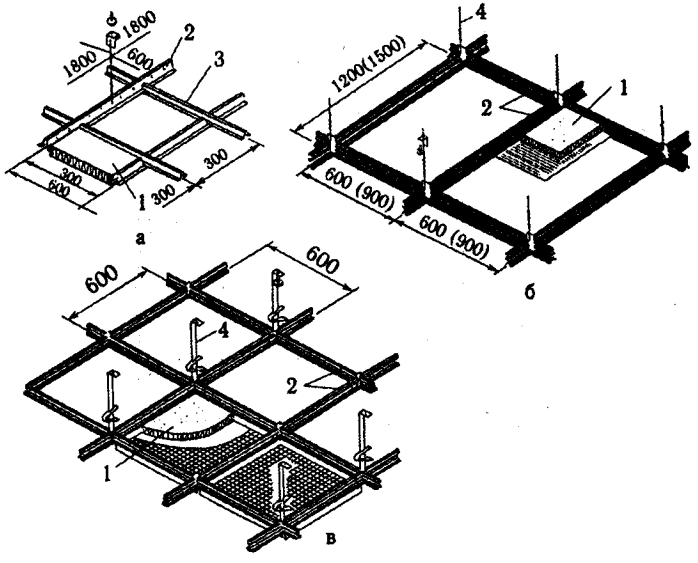


Рис. 4.30. Звукопоглинальні личкування з акустичних плит:
а — підвісна стеля з плит "Акмігран" або "Акмініт"; б — те ж з мінерально-ватяних самонесучих плит марки ПА; в — те ж марки ПС; 1 — акустична плита; 2 — несучий профіль; 3 — поперечний профіль; 4 — підвіска

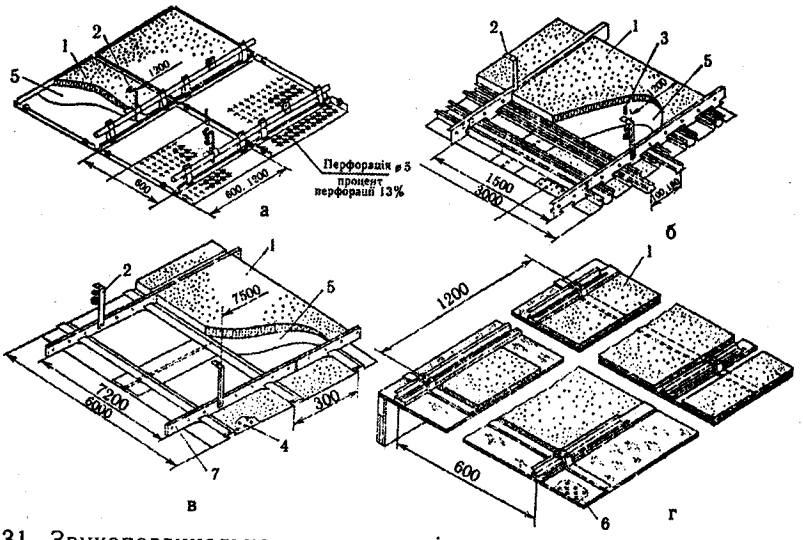


Рис. 4.31. Звукопоглинальне личкування із шпаристо-волокнистих матеріалів:
а — підвісні стелі типу ЛАП 06-06; б — те ж типу ЛАК 01-30 Н; в — те ж типу ЛАК 03-60 Н; г — личкування з покращеної гіпсової сухої штукатурки; 1 — мінерально-ватяна плита; 2 — підвіска; 3 — дюбель-гвинт; 4 — перфорована алюмінієва панель; 5 — плівка ПЕТФ; 6 — перфорована гіпсова плита; 7 — несучий профіль

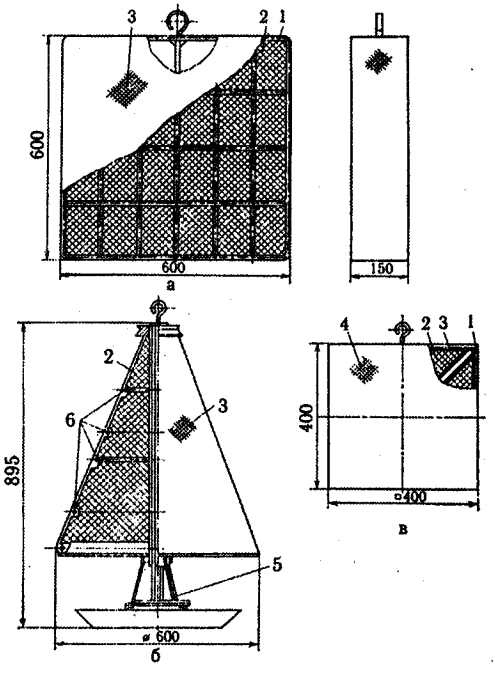


Рис. 4.32. Штучні звукопоглиначі:
а — паралелепіпед; б — конус; в — куб; 1 — каркас; 2 — звукопоглинальний матеріал; 3 — тканина капронова сітчаста або склотканина; 4 — лист просічно-витяжний сталевий; 5 — кронштейн; 6 — кільце

Різновидом таких звукопоглиначів є звукопоглинальні куліси у вигляді пластин (плоскі паралелепіпеди) з мінерально-ватяних плит ПП-80 або ПП-100 розміром 1000х500х40 *мм* в оболонці з тканини (рис. 4.33). Характеристики штучних звукопоглиначів наведено в табл. 4.24. На рис. 4.34 наведено приклад звукоізоляції цеху личкуванням різного типу.

Розрахунок звукопоглинальних засобів у приміщеннях. Необхідність акустичної обробки приміщень виникає на діючих підприємствах та в процесі проектування підприємств і цехів. Нижче наводиться послідовність розрахунку.

1. Визначається значення необхідного зниження РЗТ $\Delta L_н$ в розрахункових точках приміщення за формулою (4.24).

Акустична ефективність використання засобів звукопоглинання досягається, коли $\Delta L_н$ не перевищує 5—8 *дБ* в середньо- та високочастотному діапазонах частот. В протилежному випадку вдаються до використання засобів звукоізоляції та глушників шуму.

2. Для експлуатованого приміщення, що має об`єм V, $м^3$, експериментально визначається еквівалентна площа звукопоглинання цього приміщення A, $м^2$, за результатами вимірювання часу реверберації T, сек. $A = 0{,}161\frac{V}{T}$. Визначають середній коефіцієнт звукопоглинання $\alpha = \frac{A}{S_{ОГОР}}$ та постійну приміщення $B = \frac{A}{1-\alpha}$. Менш точно цю величину можна визначити розрахунковим методом.

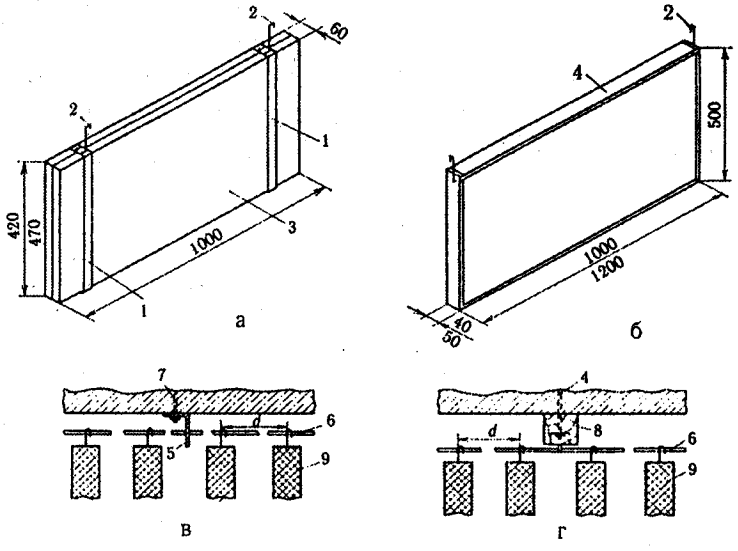


Рис. 4.33. Звукопоглинальні куліси:
а — загальний вид куліси збірної; б — те ж куліси з обрамленням; в, г — варіанти встановлення куліс; 1 — хомут; 2 — гак-підвіска; 3 — склотканина типу ЭЗ-100; 4 — металева обрамляюча рамка; 5 — кутник; 6 — напрямна; 7 — анкер; 8 — дерев`яний брусок; 9 — куліса (d — крок куліс)

3. Визначається можлива площа звукопоглинального личкування $S_{лич}$. Звукопоглинальні плити переважно розташовують на стелі та на частині стін приміщення. Площа личкування повинна складати не менше 30—50% загальної площі огороджувальних поверхонь $S_{огор}$. В низьких приміщеннях (висотою менше 5—6 *м*), але великої площі, личкування звукопоглиначами передбачається лише на стелі, а у вузьких та високих приміщеннях — на стінах. Нижня частина стін (до 2 *м*) залишається вільною. Використання звукопоглинального личкування дозволяє досягти акустичного ефекту лише за малого значення вихідної величини A.

4. З врахуванням гігієнічних вимог, умов пожежної безпеки та залежно від призначення приміщення і умов експлуатації вибирають конструкцію личкування.

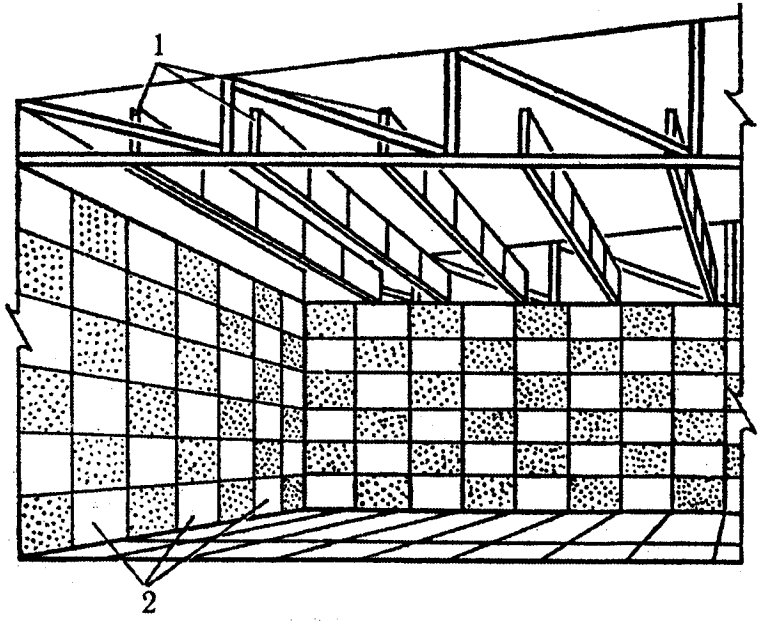


Рис. 4.34. Звукоізоляція цеху личкуванням різного типу:
1 — акустичні балки в міжфермному просторі; 2 — звукопоглинальні щити, розташовані в шаховому порядку

Звукопоглинальні личкування, виконані у вигляді підвісних стель, поряд з виконанням функції звукопоглинання, можуть бути використані для розташування світильників, повітророзподільних вентиляційних пристроїв та інженерних комунікацій.

Частотна характеристика коефіцієнта звукопоглинання личкування $\alpha_{лич}$ повинна бути близькою до частотної характеристики необхідного зниження шуму і мати максимальне значення для найбільших значень $\Delta A_н$.

5. За формулою 4.36 визначають необхідну площу личкування $S_{лич}$. Якщо її величина виявиться більшою, ніж площа, можлива для личкування в даному приміщенні,

то в якості проектної необхідно прийняти максимально можливу. Нестачу звукопоглинання можна компенсувати використанням штучних звукопоглиначів. Кількість штучних звукопоглиначів для кожної октавної смуги частот визначається за формулою $n_{шт} = \frac{\Delta A_н - \alpha_{лич} S_{лич}}{A_{шт}}$.

Найбільше зі значень $n_{шт}$, отриманих за результатами розрахунку для кожної октавної смуги частот, приймається в якості проектного. Якщо штучні звукопоглиначі застосовуються замість звукопоглинального личкування, то їх кількість визначається за формулою $n_{шт} = \frac{\Delta A_н}{A_{шт}}$.

При влаштуванні лише личкування можна також задатись величиною $S_{лич}$ і визначити зниження РЗТ за формулою 4.34, яке повинне відповідати умові $\Delta L \geq \Delta L_н$.

Приклад 4.4. У виробничому приміщенні довжиною 55 *м*, шириною 20 *м* та висотою 3,5 *м* встановлено 20 верстатів на $^1/_3$ площі цеху. Об'єм цеху — 3850 $м^3$, площа стін — 525 $м^2$, стелі — 1100 $м^2$, підлоги — 1100 $м^2$. Загальна площа огороджувальних поверхонь — 2725 $м^2$.

В розрахунковій точці, віддаленій від найближчих верстатів на 10 *м*, було виміряно спектр звукового тиску (табл. 4.25).

Таблиця 4.25

Спектр звукового тиску в розрахунковій точці

Середньогеометрична частота, *Гц*	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Рівень звукового тиску, *дБ*	78	78	84	82	86	81	77	73

Розрахункова точка знаходиться на віддалі $r > r_{гр}$ від найближчого верстата ($r_{гр} = 9{,}2$ *м*).

Необхідно вибрати конструкцію звукопоглинального личкування та визначити величину зниження рівнів звукового тиску.

Розв'язок. Конструкція звукопоглинального личкування повинна мати високий коефіцієнт звукопоглинання в діапазоні частот 250—8000 *Гц*. Тому для личкування цеху вибираємо конструкцію, наведену в табл. 4.22 — плити ПА мінераловатяні плоскі самонесучі офактурені. Знаходимо значення постійної B для приміщення об'ємом 3850 $м^3$ і за формулою (4.34) визначаємо величину очікуваного зниження рівнів звукового тиску в цій точці після личкування звукопоглиначем стелі ($S_{лич}$ = 1100 $м^2$). Розрахунок зводимо в табл. 4.26.

Використання для акустичної обробки цеху звукопоглинальних плит забезпечує зниження рівнів відбитого звуку, а рівні звукового тиску в контрольній точці не перевищують допустимих величин.

Таблиця 4.26

Результати розрахунку зниження звукового тиску

Величина, що визначається	Одиниця вимірювання	Середньогеометрична частота октавної смуги, *Гц*							
		63	125	250	500	1000	200	4000	8000
1. $L_{доп}$ (табл. 4.6)	*дБ*	94	87	82	78	75	73	71	70
2. L (табл. 4.25)	*дБ*	78	78	84	82	83	81	77	73
3. $\Delta L_н$ ((2) — (1))	*дБ*	—	—	2	4	8	8	6	3
4. B_{1000} (рис. 4.3)	$м^2$	—	—	—	—	350	—	—	—
5. μ (табл. 4.4)	—	0,5	0,5	0,55	0,7	1	1,6	3	6
6. $B = \mu B1000$	$м^2$	175	175	192	254	350	560	1050	2100
7. S	$м^2$	2725	2725	2725	2725	2725	2725	2725	2725
8. B/S	—	0,06	0,06	0,07	0,09	0,13	0,2	0,39	0,77
9. $B/S + 1$	—	1,06	1,06	1,07	1,09	1,13	1,2	1,39	1,77
10. $A = BS/(B + S)$	$м^2$	165	165	180	233	310	466	757	1190
11. $\alpha = A/S$	—	0,06	0,06	0,066	0,085	0,118	0,171	0,278	0,436
12. $\alpha_{лич}$ (табл. 4.22)	—	0,5	0,7	0,85	0,93	0,98	0,95	0,84	0,8
13. $\Delta A = \alpha_{лич} \cdot S_{лич}$	$м^2$	550	770	935	1023	1078	1045	924	880
14. $A_1 = \alpha(S - S_{лич})$	$м^2$	98	98	107	138	192	278	452	710
15. $A_1 + \Delta A$	$м^2$	648	868	1042	1161	1278	1323	1376	1590
16. $\alpha_1 = (A_1 + \Delta A)/S$	—	0,24	0,31	0,39	0,43	0,47	0,49	0,5	0,58
17. $1 - \alpha_1$	—	0,76	0,69	0,62	0,57	0,53	0,51	0,5	0,42
18. $B_1 = (A_1 + \Delta A)/(1 - \alpha_1)$	$м^2$	853	1258	1681	2037	2411	2594	2752	3786
19. B_1/B	—	4,8	7,2	8,8	8,1	6,9	4,6	2,6	1,8
20. $\Delta L = 10\lg B_1/B$	*дБ*	6,8	8,6	9,4	9,1	8,4	7,9	7,2	2,6

Приклад 4.5. В приміщенні довжиною 20 *м* та шириною 10 *м*, висотою 5 *м* і об'ємом 1000 $м^3$ на підлозі встановлено джерело шуму, рівень звукової потужності котрого наведено в табл. 4.27.

Загальна площа огороджувальних поверхонь $S = 700$ $м^2$.

Необхідно визначити величину додаткового звукопоглинання $\Delta A_н$ для розрахункової точки, розташованої на віддалі 6 *м* від джерела шуму і вибрати конструкцію звукопоглинача.

Таблиця 4.27

Акустична потужність джерела шуму

Середньогеометрична частота, *Гц*	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Рівень звукової потужності, *дБ*	94	96	100	96	98	97	99	94

Розв'язок. Визначаємо величину граничного радіуса за формулою (4.18).

Для $V = 1000\ м^2$ знаходимо постійну приміщення (категорія б, табл. 4.3). Визначаємо B_{1000} за графіком рис. 4.3 (пряма з індексом б); $B_{1000} = 100\ м^2$, а $B_{8000} = 600\ м^2$. При таких вихідних даних $r_{ГР} = 0,2\sqrt{B_{8000}} = 0,2\sqrt{600} = 4,9\ м$.

Величина очікуваного рівня звукового тиску визначається за формулою 4.21, а потім за формулою 4.24 знаходимо ΔL_H. При визначенні ΔL_H як $L_{ДОП}$ приймаємо криву граничного спектра ГС-75 (табл. 4.6). Розрахунок наведено в табл. 4.28.

В зоні відбитого звуку величини ΔL_H такі, що звукопоглинальне личкування може забезпечити необхідне зниження рівня звукового тиску. За графіками (рис. 4.24) знаходимо величину ΔA_H додаткового звукопоглинання. Значення ΔA_H знаходимо для октавних смуг, в котрих має місце максимум частотної характеристики ΔL_H — 1000 та 2000 *Гц*. Конструкція личкування вибирається та табл. 4.22. Вибираємо плити "Вініпор" напівжорсткі товщиною 50 *мм* з повітряним прошарком 150 *мм*. Визначається необхідна площа личкування. Результати розрахунку наведено в табл. 4.29.

Загальна площа личкування складає 356 $м^2$ (стеля — 200 $м^2$ і стіни — 2,6 . 60 = 156 $м^2$). Це відповідає необхідній величині площі личкування.

Таблиця 4.28

Розрахунок необхідного зниження шуму

Величина, що визначається	Одиниця вимірювання	Середньогеометрична частота октавної смуги, *Гц*							
		63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
1. L_p (табл. 4.27)	*дБ*	94	96	100	96	98	97	99	94
2. B_{1000} (рис. 4.3)	$м^2$	—	—	—	—	100	—	—	—
3. μ (табл. 4.4)	—	0,5	0,5	0,55	0,7	1	1,6	3	6
4. $B = \mu B_{1000}$	$м^2$	50	50	55	70	100	160	300	600
5. $æ/2\pi r^2$ ($æ = 1$, $r = 6\ м$)	—	$4 \cdot 10^{-3}$	$4 \cdot 10^{-3}$	$4 \cdot 10^{-3}$	$4 \cdot 10^{-3}$	$4 \cdot 10^{-3}$	$4 \cdot 10^{-3}$	$4 \cdot 10^{-3}$	$4 \cdot 10^{-3}$
6. $4/B$	$м^{-2}$	0,08	0,08	0,073	0,058	0,04	0,025	0,013	0,006
7. $\sum = 4/B + æ/2\pi r^2$	$м^{-2}$	$8,4 \cdot 10^{-2}$	$8,4 \cdot 10^{-2}$	$7,7 \cdot 10^{-2}$	$6,2 \cdot 10^{-2}$	$4,4 \cdot 10^{-2}$	$2,5 \cdot 10^{-2}$	$1,7 \cdot 10^{-2}$	$1 \cdot 10^{-2}$
8. $10\lg\sum\left(4/B + æ/2\pi r^2\right)$	—	-11,8	-11,8	-11,1	-12,1	-13,6	-15,4	-17,7	-20
9. $L = L_p + 10\lg\left(4/B + æ/2\pi r^2\right)$	*дБ*	82	84	89	84	84	82	81	74
10. $L_{ДОП}$ (ГС-75)	*дБ*	93	86	81	78	75	73	71	70
11. $L_H = L - L_{ДОП}$	*дБ*	—	—	8	6	9	9	10	4

Таблиця 4.29

Розрахунок додаткового звукопоглинання

Величина, що визначається	Одиниця вимірювання	Середньогеометрична частота октавної смуги, Гц							
		63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
1. B (табл. 4.28)	$м^2$	50	50	55	70	100	160	300	600
2. $B + S$	$м^2$	750	750	755	770	800	860	1000	1300
3. $\alpha = B/(B + S)$	—	0,07	0,07	0,07	0,09	0,13	0,19	0,3	0,46
4. k	—	—	—	0,25	0,2	0,4	0,47	0,5	0,3
5. $\Delta A_н$	$м^2$	—	—	170	140	290	330	350	190
6. $\alpha_{лнч}$	—	—	—	0,83	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
7. $S_{лнч} = \Delta A_н / \alpha_{лнч}$	$м^2$	—	—	205	140	290	330	350	190

Розділ 5

ВІБРОЗАХИСТ

Джерелами вібрації в приміщеннях є машини з обертовими частинами (вентиляторні, насосні установки, електродвигуни, компресори тощо). В таких машинах виникають незрівноважені сили, котрі передаються будівельним конструкціям, викликаючи їх вібрацію.

Вібрації будівельних конструкцій є причиною шуму в суміжних приміщеннях. Тому розташування інженерного обладнання в приміщеннях вимагає вживання заходів щодо зниження вібрації будівельних конструкцій до величин, котрі забезпечують допустимий рівень шуму в приміщеннях.

Найбільш ефективним та технічно доцільним методом зниження вібрації будівельних конструкцій є зниження незрівноважених сил, тобто динамічних навантажень, котрі створюються машинами.

Динамічні навантаження, котрі виникають в машинах, можуть бути знижені наступними шляхами:

— ретельним динамічним балансуванням обертових частин агрегатів;

— центруванням муфтових з'єднань вентилятора або насоса з електродвигуном;

— ліквідацією перекосів та великих зазорів у підшипниках;

— надійним закріпленням рознімних частин обладнання (кришок підшипників, з'єднувальних фланців трубопроводів тощо).

Обладнання, котре створює значні динамічні навантаження, рекомендується встановлювати на окремих фундаментах, не пов'язаних з каркасами будівель або в підвальних поверхах.

Якщо неможливо забезпечити необхідне зниження шуму, котрий виникає при роботі машин, за допомогою наведених вище методів, тоді необхідно вдатись до віброізоляції.

5.1. ОСНОВНІ ВИМОГИ ЩОДО ВІБРОІЗОЛЯЦІЇ АГРЕГАТІВ

Віброізоляція агрегатів досягається встановленням їх на спеціальні віброізолятори (пружні елементи, котрі мають невелику жорсткість), застосуванням гнучких елементів (вставок) в системах трубопроводів та комунікацій, з'єднаних з вібруючим обладнанням, застосуванням м'яких еластичних прокладок для трубопроводів та

комунікаціях в місцях проходу їх через огородження і в місцях кріплення до огороджувальних конструкцій.

Гнучкі вставки для повітропроводів слід монтувати так, щоб вони були якомога слабше натягнуті.

Гнучкі з'єднання трубопроводів у насосних установках необхідно передбачати на нагнітальній та всмоктувальній лініях, якомога ближче до насосної установки.

Як гнучкі вставки можна використовувати гумово-тканинні напірні рукави або рукави гумово-тканинні з металевими спіралями.

Для зниження вібрацій, що передаються на несучу конструкцію, застосовуються пружинні або гумові віброізолятори (рис. 5.1).

Для агрегатів, що мають швидкість обертання менше 1800 $хв^{-1}$, слід застосовувати пружинні віброізолятори; при швидкості обертання понад 1800 $хв^{-1}$ допускається застосування і гумових віброізоляторів. Однак термін експлуатації гумових віброізоляторів не перевищує трьох років. Сталеві (пружинні) віброізолятори довговічні і надійні, проте вони ефективні при віброізоляції низьких частот і недостатньо знижують передачу вібрацій більш високих частот (в чутному діапазоні).

Гумові віброізолятори мають велике внутрішнє тертя. Їх використовують у випадках, коли необхідно зменшити час затухання власних коливань та амплітуду коливань у резонансних режимах.

Пружний елемент гумового віброізолятора працює на стиснення або на зсув. Віброізоляція при роботі гумового елемента віброізолятора більш ефективна на зсув, ніж на стиснення, оскільки модуль пружності гуми на зсув значно менший, ніж модуль пружності на стиснення. Найпростішими віброізоляторами, в котрих гума працює на стиснення, є прокладки та суцільні килимки, які використовуються для захисту від високочастотної вібрації. З метою зниження жорсткості килимків у їхній конструкції передбачаються пази, виступи, отвори, розташовані в шаховій послідовності. Завдяки цьому гума починає працювати і на зсув. Килимки встановлюються під залізобетонні фундаменти та під опорні поверхні обладнання (рис. 5.2). Внаслідок низької жорсткості килимків вони забезпечують власну частоту від 10 *Гц* і вище. Застосовуються також віброізолятори, в котрих використовуються пружні властивості стисненого повітря. Пневмогумові віброізолятори прості за конструкцією і мають високі віброізолювальні властивості. Вони накладаються один на одного або розкладаються паралельно при встановленні важкого обладнання.

Для запобігання передачі високочастотних вібрацій необхідно застосовувати гумові прокладки товщиною 10—20 *мм*, котрі розташовуються між пружинами та несучою конструкцією.

Машини з динамічними навантаженнями (вентилятори, насоси, компресори тощо) слід жорстко монтувати на важкій бетонній плиті або металевій рамі, котра спирається на віброізолятори. Застосування важкої плити знижує амплітуду коливань агрегата, встановленого на віброізоляторах. Плита також забезпечує жорстке центрування з приводом і знижує розташування центра ваги установки, наближаючи його до центра жорсткості віброізоляторів.

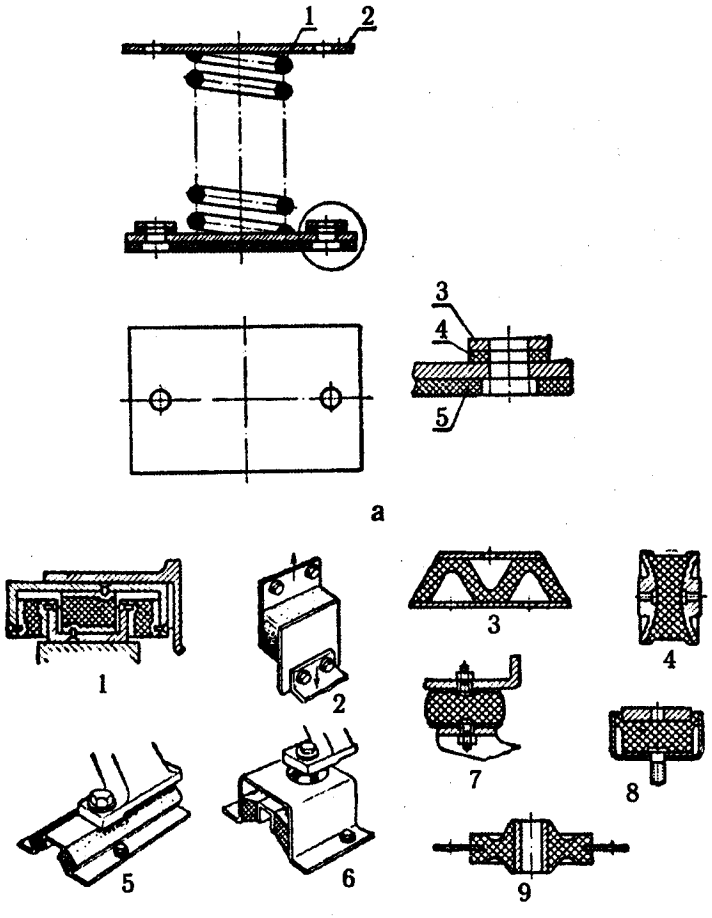


Рис. 5.1. Віброізолятори:
а — пружинний віброізолятор типу ДО: 1 — сталева пружина, 2 — опірна плита, 3 — сталева шайба під кріпильний болт, 4 — гумова шайба, 5 — гумова прокладка; б — гумові зварні віброізолятори: 1, 6 — комбіновані опірні гумовометалеві; 2, 4 — гумові підвісні; 3, 5 — профільовані упорні; 7, 8 — опірні з фіксованим положенням; 9 — мембранний

Проектування віброізолювальної основи для обладнання слід здійснювати за допомогою спеціальних розрахунків або підбирати за типовими кресленнями.

Ефективність віброізоляції залежить від відношення частоти збудження та власної частоти коливань системи. Віброізолятори знижують передачу динамічних сил на захищуваний об'єкт при умові (рис. 5.3)

$$\frac{f}{f_0} > \sqrt{2}, \qquad (5.1)$$

де f — частота збудження, *Гц*;

f_0 — власна частота системи, *Гц*.

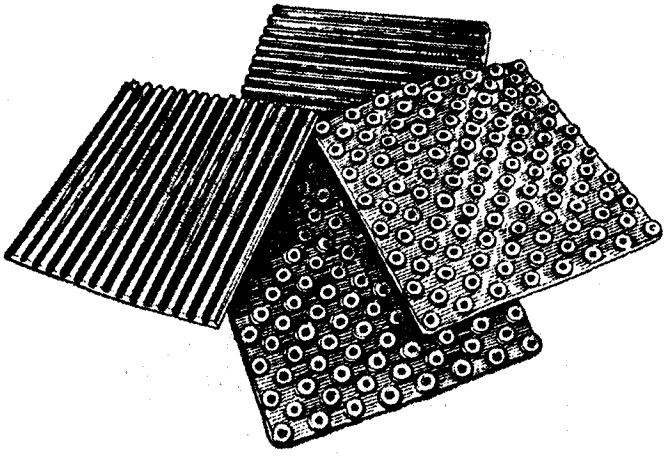


Рис. 5.2. Віброізолювальні килимки

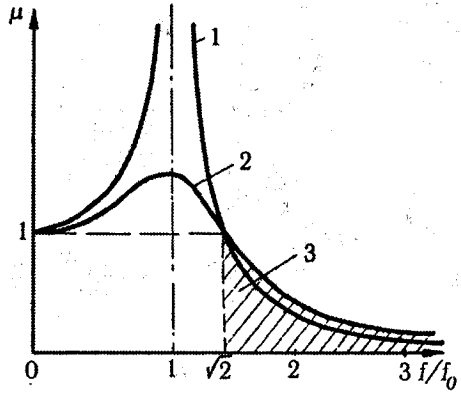


Рис. 5.3. Залежність коефіцієнта передачі μ від відношення f/f_0:
1 — при використанні сталевих пружинних віброізоляторів; 2 — при застосуванні гумових віброізоляторів; 3 — область віброізоляції

Власна частота системи визначається з відношення

$$f_0 = \frac{1}{2\pi}\sqrt{\frac{K}{m}} = \frac{1}{2\pi}\sqrt{\frac{Kg}{Q}} = \frac{5}{\sqrt{\lambda_{ст}}}, \qquad (5.2)$$

де $m = Q/g$ — маса віброізольованого об'єкта, *кг*;
Q — силове навантаження на віброізолятори, *Н*;
g — прискорення вільного падіння, $м/с^2$;
$\lambda_{ст}$ — статична деформація віброізоляторів, $\lambda_{ст} = Q/K$.

Коефіцієнт передачі при гармонійних коливаннях без врахування затухання у віброізоляторах можна визначити за формулою

$$\mu = \frac{1}{\left(\frac{f}{f_0}\right)^2 - 1} \tag{5.3}$$

З формул (5.2), (5.3) видно, що чим більша деформація віброізоляторів під дією сили ваги ізольованого об`єкта, тим нижча власна частота коливань системи і вища ефективність віброізоляції.

Основні параметри віброізоляторів: жорсткість, $Н/м$; відношення жорсткостей в різних напрямках; коефіцієнт в`язкого тертя, $Н \cdot с/м$; допустима деформація під навантаженням, $м$.

Ефективність віброзахисту на нижній межі області знижуваних частот ($f_н$) залежить від $\lambda_{ст}$ та $f_н$:

$$\lambda_{ст} = \frac{4,9}{\pi^2 f_н^2} \tag{5.4}$$

Значення $\lambda_{ст}$ в залежності від $f_н$ наводяться в табл. 5.1.

Таблиця 5.1

Значення статичної деформації віброізоляторів залежно від нижньої межі області знижуваних частот

$f_н$, $Гц$	0,7	1,0	1,4	2,0	2,8	4,0	5,6	8,0
$\lambda_{ст}$, $м$	1,02	0,5	0,25	0,13	0,06	0,03	0,02	0,01

Віброізолятори виготовляють зі сталевих пружин, гуми, а також застосовуються комбіновані гумовометалеві та пружинно-пластмасові амортизатори.

Пружинні віброізолятори довговічні і мають високу віброізолювальну здатність. Однак внаслідок невеликого внутрішнього тертя вони погано розсіюють енергію коливань. Тому затухання коливань машини, котра встановлена на пружинних віброізоляторах, відбувається за 15—20 періодів.

Віброізольована основа під обладнання повинна забезпечувати значення ΔL не менше, ніж величини, вказані в табл. 5.2.

Таблиця 5.2

Необхідна ефективність віброізоляції

Обладнання	Необхідна ефективність віброізоляції
1	2
1. Відцентрові компресори	34

Продовження таб. 5.2

1	2
2. Поршневі компресори потужністю, *кВт*:	
— до 10	17
— від 10 до 50	20
— від 50 до 100	26
3. Відцентрові насоси	26
4. Вентилятори з числом обертів, $хв^{-1}$:	
— більше 800	26
— від 500 до 800	20—26
— від 350 до 500	17—20
— від 200 до 350	11—17

5.2. РОЗРАХУНОК ВІБРОІЗОЛЮВАЛЬНИХ ОСНОВ

5.2.1. ВИЗНАЧЕННЯ ЗАГАЛЬНОЇ ЖОРСТКОСТІ ВІБРОІЗОЛЯТОРІВ

Визначається основна розрахункова частота змушуючої сили

$$f = \frac{N}{60}, Гц, \tag{5.5}$$

де N — швидкість обертання обертових частин установки, $хв^{-1}$.

Якщо в установці є частини, які обертаються з різною частотою, за розрахункову швидкість приймається найменша.

За графіком, поданим на рис. 5.4, залежно від необхідної ефективності віброізоляції $\Delta L_н$, що визначається за табл. 5.2, і за розрахунковою швидкістю обертання установки, визначається гранично допустима частота власних вертикальних коливань $f_{zдоп.}$ віброізольованої установки, *Гц*.

При високих значеннях N гранично допустима частота власних коливань установки $f_{0доп.}$ не повинна перевищувати значень, обмежених пунктирними лініями для відповідних типів перекриттів.

Розраховується необхідна маса $M_н$ віброізольованої установки

$$M_н \geq \frac{2{,}5\varepsilon m_{об.д}}{a_{доп}}, \tag{5.6}$$

де ε — ексцентриситет обертових деталей, *мм*;

$m_{об.д.}$ — маса деталей, *кг*, що обертаються зі швидкістю N;

$a_{доп}$ — максимально допустима амплітуда зміщення центру ваги установки, *мм*, наближено береться за даними табл. 5.3.

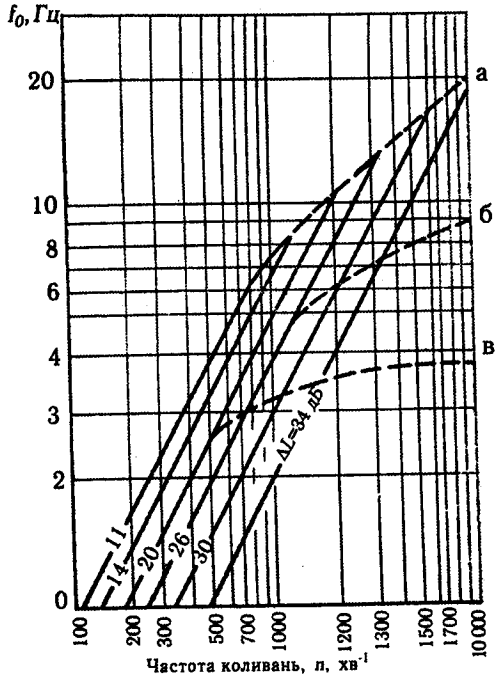


Рис. 5.4. Визначення допустимої частоти f_0 власних вертикальних коливань віброізольованої установки: а — для підвальних поверхів; б — для залізобетонних міжповерхових перекриттів; в — для легких бетонних перекриттів

Таблиця 5.3

Допустима амплітуда зміщення

Швидкість обертання, хв$^{-1}$	300	400	500	600	700	900	1200	1500	2000
Допустима амплітуда зміщення, *мм*	0,2	0,18	0,16	0,145	0,13	0,11	0,09	0,07	0,04

Якщо загальна маса установки менша, ніж необхідна, слід збільшити її до необхідної величини заповненням внутрішнього об`єму залізобетоном.

Визначається необхідна загальна жорсткість віброізоляторів у вертикальному напрямку K_{zH} за формулою

$$f_{0доп} = \frac{1}{2\pi}\sqrt{\frac{K_{zH}}{M}}, \qquad (5.7)$$

звідки

$$K_{zH} = 4\pi^2 f_{0доп}^2 M_н, \ Н/м \qquad (5.8)$$

де $f_{0доп}$ — допустима частота власних коливань, що визначається за графіком, рис. 5.4.

5.2.2. ВИБІР КІЛЬКОСТІ ТА РОЗТАШУВАННЯ ВІБРОІЗОЛЯТОРІВ

Віброізолятори виготовляються однотипними. Для того, щоб їхній центр жорсткості знаходився на одній вертикалі з центром ваги установки, а також з метою забезпечення однакових умов їх роботи і рівномірного зносу протягом терміну експлуатації, віброізолятори повинні розташовуватись у плані симетрично відносно центра ваги установки.

Віброізолятори розташовуються в чотирьох точках по кутах прямокутника. В необхідних випадках встановлюють додаткові віброізолятори симетрично до центру ваги установки. З метою полегшення доступу до віброізоляторів під час монтажу та перевірки додаткові віброізолятори розташовуються в центральних точках прямих, котрі з'єднують два суміжних кутових віброізолятора. При необхідності допускається застосування кутових віброізоляторів (від двох до шести вкупі).

5.2.3. РОЗРАХУНОК ПРУЖИННИХ ВІБРОІЗОЛЯТОРІВ

У випадку, коли вибрано пружинні віброізолятори, що працюють на стиснення, їх слід вибирати, керуючись табл. 5.4.

Визначається статичне навантаження на одну пружину

$$P_{CT} = \frac{P}{n \cdot m}, \ H, \tag{5.9}$$

де P — загальна вага установки, H;

n — число віброізоляторів;

m — число пружин в одному віброізоляторі.

Визначається розрахункове максимальне навантаження на одну пружину

$$P_{max.розр} = P_{CT} + 1{,}5 \cdot 10^{-3} \frac{4\pi^2 f^2 a_{ДОП}}{g} P_{CT}, \ H, \tag{5.10}$$

де $g = 9{,}81 \ м/с^2$ — прискорення вільного падіння;

$a_{ДОП}$ — максимальна допустима амплітуда зміщення, $мм$;

f — розрахункова частота змушувальної сили, $Гц$.

Визначається необхідна жорсткість K_H однієї пружини в поздовжньому напрямку

$$K_H = \frac{K_{ZH}}{n \cdot m}, \ H/м, \tag{5.11}$$

де K_{ZH} — необхідна загальна жорсткість віброізоляторів, $H/м$, розрахована за формулою (5.8)

n — кількість віброізоляторів;

m — кількість пружин в одному віброізоляторі.

Тип віброізоляторів за табл. 5.3 та 5.5 вибирається з дотриманням двох умов:

$$P_{max} \geq P_{max.розр.};\quad K_Z \leq K_H,$$

де P_{max} — максимальне робоче навантаження на пружину, H (табл. 5.3, 5.4);
K_Z — жорсткість пружини в поздовжньому напрямку, $H/м$ (табл. 5.5).

Визначається ефективність віброізоляції

$$\Delta L = 20\lg\left(\frac{f^2}{f_z^2} - 1\right),\ дБ, \tag{5.12}$$

де f — частота змушувальної сили, $Гц$;
f_0 — частота власних вертикальних коливань установки, $Гц$.

$$f_0 = \frac{1}{2\pi}\sqrt{\frac{K_Z g}{P_{CT}}}, \tag{5.13}$$

де $g = 9{,}81\ м/с^2$ — прискорення вільного падіння;
K_Z — жорсткість одного віброізолятора, $H/м$;
P_{CT} — статичне навантаження на одну пружину, H.

Отримане значення ΔL повинне бути не меншим, ніж наведене в табл. 5.1.
Визначаються параметри пружини в робочому стані (табл. 5.3, 5.4):
— максимальне осідання пружини ΔH:

$$\Delta H = \frac{10^3 \cdot P_{max.розр.}}{K_Z},\ мм; \tag{5.14}$$

— повна висота пружини H_P у навантаженому стані, $мм$:

$$H_P = H_C - D_H,\ м; \tag{5.15}$$

— відношення осідання пружини до висоти в навантаженому стані та відношення робочої висоти пружини до діаметра H_p/D.

Таблиця 5.4

Параметри опорних пружин (дріт сталевий пружинний)

Величина	Одиниця вимірювання	Відношення середнього діаметра пружин до діаметра дроту							
		7		8		9		10	
		4,5	5,5	4,5	5,5	4,5	5,5	4,5	5,5
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Діаметр дроту 5 мм									
Максимальне робоче навантаження на пружину P_{max}	H	4,6	4,6	4,1	5,1	3,8	3,8	3,2	3,2

Продовження табл. 5.4

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Власна частота вертикальних коливань установки при максимальному навантаженні f_{Zmax}	*Гц*	4,2	3,9	3,7	3,3	3,1	2,9	2,9	2,6
Жорсткість пружини в поздовжньому напрямку K_z	*Н/м*	$3{,}3\cdot10^4$	$2{,}8\cdot10^4$	$2{,}3\cdot10^4$	$1{,}8\cdot10^4$	$1{,}5\cdot10^4$	$1{,}3\cdot10^4$	$1{,}1\cdot10^4$	$9\cdot10^3$
Діаметр пружини D	*мм*	35	35	40	40	45	45	50	50
Висота пружини в ненавантаженому стані H	*мм*	70	70	80	80	90	90	100	100
Повна висота пружини в ненавантаженому стані H_0	*мм*	75	75	85	85	95	95	105	105
Крок ненавантаженої пружини S	*мм*	15,6	12,7	17,8	14,5	20	16,4	22,5	18,3
Повна довжина дроту l	*мм*	660	770	755	880	850	990	945	1100
Діаметр дроту 6 мм									
Максимальне робоче навантаження на пружину P_{max}	*Н*	6,6	6,6	6,0	6,0	5,5	5,5	4,9	4,9
Власна частота вертикальних коливань установки при максимальному навантаженні f_{Zmax}	*Гц*	3,9	3,5	3,3	3,0	2,9	2,6	2,7	2,4
Жорсткість пружини в поздовжньому напрямку K_z	*Н/м*	$4\cdot10^4$	$3{,}3\cdot10^4$	$2{,}7\cdot10^4$	$2{,}2\cdot10^4$	$1{,}9\cdot10^4$	$1{,}5\cdot10^4$	$1{,}4\cdot10^4$	$1{,}1\cdot10^4$
Діаметр пружини D	*мм*	42	42	48	48	54	54	60	60
Висота пружини в ненавантаженому стані H	*мм*	84	84	96	96	108	108	120	120
Повна висота пружини в ненавантаженому стані H_0	*мм*	90	90	102	102	114	114	126	126
Крок ненавантаженої пружини S	*мм*	18,7	15,3	21,4	17,4	24	19,6	26,7	21,8
Повна довжина дроту l	*мм*	795	925	905	1060	1020	1990	1135	1320
Діаметр дроту 7 мм									
Максимальне робоче навантаження на пружину P_{max}	*Н*	900	900	820	820	740	740	655	655
Власна частота вертикальних коливань установки при максимальному навантаженні f_{Zmax}	*Гц*	3,6	3,2	3,1	2,8	2,7	2,5	2,4	2,2
Жорсткість пружини в поздовжньому напрямку K_z	*Н/м*	$4{,}6\cdot10^4$	$3{,}8\cdot10^4$	$3{,}1\cdot10^4$	$2{,}6\cdot10^4$	$2{,}2\cdot10^4$	$1{,}7\cdot10^4$	$1{,}6\cdot10^4$	$1{,}3\cdot10^3$
Діаметр пружини D	*мм*	49	49	56	56	63	63	70	70

Продовження табл. 5.4

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Висота пружини в ненавантаженому стані H	*мм*	98	98	112	112	126	126	140	140
Повна висота пружини в ненавантаженому стані H_0	*мм*	105	105	119	119	133	133	147	147
Крок ненавантаженої пружини S	*мм*	21,8	17,8	24,9	20,4	28,0	23,0	31,1	25,4
Повна довжина дроту l	*мм*	925	1080	1060	1230	1190	1390	1320	1540
Діаметр дроту 8 мм									
Максимальне робоче навантаження на пружину P_{max}	*Н*	1185	1185	1070	1070	965	965	830	830
Власна частота вертикальних коливань установки при максимальному навантаженні f_{Zmax}	*Гц*	3,3	3,0	2,9	2,6	2,5	2,3	2,9	2,1
Жорсткість пружини в поздовжньому напрямку K_Z	*Н/м*	$5{,}3\cdot10^4$	$4{,}3\cdot10^4$	$3{,}6\cdot10^4$	$2{,}9\cdot10^4$	$2{,}5\cdot10^4$	$2{,}0\cdot10^4$	$1{,}8\cdot10^4$	$1{,}5\cdot10^3$
Діаметр пружини D	*мм*	56	56	64	64	72	72	80	80
Висота пружини в ненавантаженому стані H	*мм*	112	112	128	128	144	144	160	160
Повна висота пружини в ненавантаженому стані H_0	*мм*	120	120	136	136	152	152	168	168
Крок ненавантаженої пружини S	*мм*	24,9	20,4	28,5	23,2	32,0	26,2	35,6	29,1
Повна довжина дроту l	*мм*	1060	1230	1210	1410	1360	1590	1510	1760
Діаметр дроту 9 мм									
Максимальне робоче навантаження на пружину P_{max}	*Н*	1500	1500	1355	1355	1220	1220	1020	1020
Власна частота вертикальних коливань установки при максимальному навантаженні f_{Zmax}	*Гц*	3,2	2,9	2,7	2,5	2,4	2,2	2,2	2,0
Жорсткість пружини в поздовжньому напрямку K_Z	*Н/м*	$6{,}0\cdot10^4$	$4{,}9\cdot10^4$	$4{,}0\cdot10^4$	$3{,}3\cdot10^4$	$2{,}8\cdot10^4$	$2{,}3\cdot10^4$	$2{,}0\cdot10^4$	$1{,}7\cdot10^3$
Діаметр пружини D	*мм*	63	63	72	72	81	81	90	90
Висота пружини в ненавантаженому стані H	*мм*	126	126	144	144	162	162	180	180
Повна висота пружини в ненавантаженому стані H_0	*мм*	135	135	153	153	171	171	189	189
Крок ненавантаженої пружини S	*мм*	28	22,9	32	26,2	36	29,4	40	32,8
Повна довжина дроту l	*мм*	1190	1390	1360	1590	1530	1786	1700	1980

Таблиця 5.5

Параметри типових опорних пружин

Величина	Одиниця вимірювання	Пружини							
		ДО-38	ДО-39	ДО-40	ДО-41	ДО-42	ДО-43	ДО-44	ДО-45
1. Максимальне робоче навантаження на пружину D_{max}	*Н*	120	220	340	550	960	1680	2430	3800
2. Власна частота вертикальних коливань установки при максимальному робочому навантаженні f_{Zmax}	*Гц*	3,0	2,7	2,5	2,4	2,1	2,1	1,9	1,8
3. Жорсткість пружини в поздовжньому напрямку K_Z	*Н/м*	$4{,}5 \cdot 10^4$	$6{,}2 \cdot 10^4$	$8{,}3 \cdot 10^4$	$1{,}2 \cdot 10^4$	$1{,}6 \cdot 10^4$	$3{,}0 \cdot 10^4$	$3{,}6 \cdot 10^4$	$4{,}5 \cdot 10^4$
4. Діаметр дроту *d*	*мм*	3	4	5	6	8	10	12	15
5. Діаметр пружини *Д*	*мм*	30	40	50	54	72	80	96	120
6. Висота пружини в ненавантаженому стані *Н*	*мм*	65	84	102	114	152	171	203	245
7. Число робочих витків *і*	*мм*	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5
8. Повна висота пружини в ненавантаженому стані H_p	*мм*	68	88	107	123	164	186	220	275
9. Крок ненавантаженої пружини *S*	*мм*	10	13	17	18	24	27	32	40
10. Повна довжина дроту *l*	*мм*	752	1015	1185	1370	1825	2020	2424	3032

5.2.4. РОЗРАХУНОК ГУМОВИХ ВІБРОІЗОЛЯТОРІВ

Згідно з розрахунками повинні бути вибрані марка гуми та основні розміри гумового віброізолятора. Метою розрахунку є визначення висоти віброізоляторів та їхніх поперечних розмірів — діаметра циліндра або сторони квадрата.

Слід врахувати, що гума — це матеріал, котрий зберігає свій об'єм при різних видах навантаження, тому конструктивне виконання віброізолятора повинне передбачати розширення гуми у поперечному напрямку. При інших умовах жорсткість гумового амортизатора буде значно вищою, ніж це необхідно.

Визначається площа поперечного перетину всіх віброізоляторів S та робоча висота кожного H_p за формулами

$$S = \frac{P}{\sigma}, \text{ м}^2; \tag{5.16}$$

$$H_p = \frac{E \cdot S}{K_{z.н.}}, \text{ м}, \tag{5.17}$$

де P — загальна вага віброізольованої установки, $Н$;
σ — розрахункове статичне напруження в гумі, $Н/м^2$;
E — динамічний модуль пружності гуми з натурального каучуку.

Характеристика гуми для віброізоляторів наводиться в табл. 5.6.
Визначається площа поперечного перетину одного віброізолятора

$$s = \frac{S}{n}, \text{ м}^2, \tag{5.18}$$

де n — число віброізоляторів.
Якщо застосовується кущовий віброізолятор, то

$$s = \frac{S}{n \cdot m}, \tag{5.19}$$

де n — число віброізоляторів;
m — число гумових стовпчиків у кущі.

Таблиця 5.6

Характеристика гуми, що використовується для віброізоляторів

Марка гуми	Модуль пружності, $1 \cdot 10^5$ *Па*		Коефіцієнт непружного опору, γ
	динамічний E_g	статичний $E_{ст}$	
1	2	3	4
ИРП-1347	54	33	0,09
2566	38	24	0,11
СУ-363	153	51	0,15
8508	126	31	0,15
4326	226	60	0,16
Н068	166	39	0,17
199	196	40	0,208
122	206	73	0,21
9831	166	36	0,25

Продовження табл. 5.6

1	2	3	4
3826	236	46	0,30
2542Н	314	46,5	0,32
3311	250	16	0,038
2959	63	30	0,14
56	72	37	0,16

Визначається поперечний перетин одного віброізолятора:
— для циліндричного стовпчика — діаметр d

$$d = \sqrt{\frac{4S}{\pi}}, м;$$

— для призматичного стовпчика — сторона квадрата

$$\delta = \sqrt{S}, м.$$

З метою дотримання умов стійкості необхідно, щоб

$$1{,}5 \cdot H_P \le d \le 8 \cdot H_P, \tag{5.20}$$

$$\text{або } 1{,}5 \cdot H_P \le \delta \le 8 \cdot H_P. \tag{5.21}$$

Якщо ця умова не виконується, необхідно взяти гуму з іншою жорсткістю або відмовитись від гумових віброізоляторів і вибрати пружинні.

Визначається повна висота віброізоляторів:

$$H = H_P + \frac{1}{8}d, м; \tag{5.22}$$

$$\text{або } H = H_P + \frac{1}{8}\delta, м; \tag{5.23}$$

Після уточнення розмірів віброізоляторів та марки гуми слід перевірити ефективність віброізоляції

$$\Delta L = 20 \lg\left(\frac{f^2}{f_0^2} - 1\right), дБ, \tag{5.24}$$

де f — частота змушувальної сили, *Гц*;
f_0 — частота власних вертикальних коливань, *Гц*.

$$f_z = \frac{1}{2\pi}\sqrt{\frac{K_z g}{P}}, Гц; \tag{5.25}$$

$$K_z = \frac{E \cdot S}{H_P}, \; Н/м, \tag{5.26}$$

де K_z — загальна жорсткість всіх віброізоляторів, $Н/м$;

S — загальна площа поперечного перетину всіх віброізоляторів, $м^2$;

E — динамічний модуль пружності гуми, $Н/м^2$;

H_P — робоча висота віброізоляторів, $м$;

P — вага віброізольованої установки, $Н$.

Отримане значення ΔL не повинне бути меншим, ніж вказане в табл. 5.1.

Приклад 5.1. Розрахунок віброізольованої основи відцентрового вентилятора з клинопасовою передачею від електродвигуна, встановленого на важкому залізобетонному перекритті.

Швидкість обертання вентилятора — 420 $хв^{-1}$.

Швидкість обертання електродвигуна — 975 $хв^{-1}$.

Маса всієї установки (вентилятора, електродвигуна, шківа) — 2055 $кг$.

Ексцентриситет обертових деталей вентилятора $\sum = 0{,}2$ $мм$.

Вага обертових частин вентилятора $P_{ОБ} = 5000$ $Н$.

Розв`язок: Оскільки $N_{ВЕНТ} < N_{ЕЛ.ДВ.}$, то як розрахункову швидкість N приймаємо $N_{ВЕНТ}$.

$$N = N_{ВЕНТ} = 420 \text{ хв}^{-1}.$$

Згідно з наведеними вище рекомендаціями вибираємо пружинні віброізолятори.

За табл. 5.2 знаходимо необхідну ефективність віброізоляції $\Delta L_H = 20$ $дБ$.

Визначаємо розрахункову частоту змушувальної сили

$$f = \frac{N}{60} = \frac{420}{60} = 7 \; Гц.$$

За графіком рис. 5.4 визначаємо $f_{одоп} = 2{,}2$ $Гц$.

Визначаємо мінімальну необхідну масу віброізольованої установки при $a_{доп} = 0{,}18$ $мм$ (табл. 5.3)

$$M_H \geq \frac{2{,}5 \cdot 0{,}2 \cdot 5000}{0{,}18} = 13900 \; Н.$$

Оскільки маса агрегата більша, ніж необхідна маса установки, то як агрегат може бути використана зварена рама.

Після виконання робочих креслень рами визначається її маса $M_P = 470$ $кг$. Орієнтовно масу рами можна приймати рівною 0,4 від маси всієї установки M_y. Для даного випадку загальна маса M буде складати:

$$M = M_y + M_P = 2055 + 470 = 2525 \; кг.$$

Визначаємо необхідну сумарну жорсткість віброізоляторів у вертикальному напрямку.

$$K_{Z.H.} = 4\pi^2 \cdot 2{,}22 \cdot 2525 = 496\,000 \; Н/м.$$

Число пружин у кожному кущовому віброізоляторі приймаємо рівним шести ($m = 6$), визначаємо статичне та максимальне навантаження на одну пружину

$$P_{CT} = \frac{25250}{6 \cdot 4} = 1050 \ H,$$

$$P_{\max.розр.} = 1050 + \frac{1,5 \cdot 10^{-3} \cdot 4 \cdot 3,14^2 \cdot 7^2 \cdot 0,18}{6 \cdot 4} \cdot 1050 = 1110 \ H.$$

Визначаємо допустиму жорсткість однієї пружини за формулою

$$K_H = \frac{K_{Z.H.}}{m \cdot n} = \frac{496000}{6 \cdot 4} = 20500 \ H/м.$$

При допустимій частоті $f_{ДОП}$ вертикальних коливань віброізольованої установки не більше 2,2 *Гц* і фактичному робочому навантаженні на один віброізолятор 1050 *Н* підібрати пружину для віброізолятора за табл. 5.4 не вдається. Тому приймаємо число пружин у кожному віброізоляторі рівним 2.

При цьому:

— статичне навантаження на кожну пружину

$$P_{CT} = \frac{P}{2 \cdot 4} = \frac{25250}{8} = 3160 \ H;$$

$$P_{\max.розр.} = 3160 + \frac{1,5 \cdot 4\pi^2 \cdot 7^2 \cdot 0,18}{9,8} \cdot 3160 \cdot 10^{-3} = 3330 \ H;$$

— допустима жорсткість

$$K_H = \frac{496000}{2 \cdot 4} = 61500 \ H/м.$$

При такому навантажені можна підібрати пружину за табл. 5.5. Це типова пружина ДО-45, для котрої

$$P_{max} = 3800 \ H > P_{max.розр.} = 3330 \ H;$$

$$K_Z = 45\,000 \ H < K_H = 61\,500 \ H.$$

Параметри пружини ДО-45 з табл. 5.5:

— діаметр дроту $d = 15$ *мм*;

— діаметр пружини $Д = 120$ *мм*;

— число робочих витків $i = 6,5$;

— висота пружини в ненавантаженому стані $H = 245$ *мм*;

— повна висота дроту $l = 3032$ *мм*.

Визначаємо ефективність, забезпечувану віброізоляторами

$$f_0 = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{4500 \cdot 9,8}{3160}} = 1,9 \ Гц$$

$$\Delta L = 20\lg\left(\frac{7^2}{1,92} - 1\right) = 22 > \Delta L_H = 20 \ дБ.$$

Визначаємо параметри пружини в робочому стані (під навантаженням)

$$\Delta H = \frac{10^3 \cdot 3330}{45000} = 74 \ мм;$$

$$H_P = 275 - 74 = 201 \ мм;$$

$$\frac{\Delta H}{H_P} = 0,37; \quad \frac{H_P}{Д} = 17.$$

Приклад 5.2. Розрахунок гумових амортизаторів.

Необхідно розрахувати гумові прокладки під вентилятор з $n_B = 3000$ хв$^{-1}$ (50 *Гц*), з'єднаний клинопасовою передачею з електродвигуном $n_{ДВ} = 970$ хв$^{-1}$. Вага всієї установки $P = 33\,300$ *Н*. Вентилятор встановлений на важкому залізобетонному перекритті.

Розв'язок. Визначаємо площу поперечного перетину S та робочу висоту H_P при $\sigma = 5 \cdot 10^5 \ Н/м^2$ і твердості гуми $74 \cdot 10^5 \ Н/м^2$:

$$S = \frac{P}{\sigma} = \frac{33300}{5 \cdot 10^5} = 6,65 \cdot 10^{-2} \ м^2.$$

За табл. 5.6 визначаємо динамічний модуль пружності гуми

$$E_g = 166 \cdot 10^5 \ Н/м^2.$$

Визначаємо $K_{Z.H.}$:

$$K_{Z.H.} = 4\pi^2 f_0^2 \frac{P}{g}.$$

Власну частоту коливань визначаємо залежно від $\Delta L = 26$ *дБ* (табл. 5.2) за рис. 5.4 $f = 11$ *Гц*:

$$K_{Z.H.} = 4 \cdot 3,14^2 \frac{33300}{9,8} = 162 \cdot 10^5 \ Н/м^2$$

$$H_P = \frac{E \cdot S}{K_{Z.H.}} = \frac{166 \cdot 10^5 \cdot 6,65 \cdot 10^{-2}}{162 \cdot 10^5} = 7 \cdot 10^{-2} \ м.$$

Приймаємо кількість віброізоляторів $n = 6$.

Площа кожного віброізолятора

$$S = \frac{6,65 \cdot 10^{-2}}{6} = 1,11 \cdot 10^{-2} \ м^2.$$

Розмір сторони δ квадрата

$$\delta = \sqrt{1,11 \cdot 10^{-2}} = 1,06 \cdot 10^{-1} \ м.$$

Визначаємо умову стійкості віброізолятора:

$$1{,}5 \cdot H_P \le \delta \le 8 \cdot H_P;$$
$$1{,}5 \cdot 7 \cdot 10^{-2} \le 1{,}06 \cdot 10^{-1} \le 8{,}7 \cdot 10^{-2};$$
$$1{,}05 \cdot 10^{-1} \le 1{,}06 \cdot 10^{-1} \le 5{,}6 \cdot 10^{-1}.$$

Умова стійкості виконується.

Повна висота віброізолятора:

$$H = H_P + \frac{1}{8}\delta = 7 \cdot 10^{-2} + \frac{1{,}06 \cdot 10^{-1}}{8} = 0{,}84 \cdot 10^{-1}\ м.$$

Перевіряємо ефективність віброізоляції:

$$\Delta L = 20 \lg\left(\frac{f^2}{f_0^2} - 1\right);$$

$$K_z = \frac{E \cdot S}{H_P} = \frac{170 \cdot 10^5 \cdot 6{,}65 \cdot 10^{-2}}{7 \cdot 10^{-2}} = 162 \cdot 10^5\ Н/м;$$

$$f_0 = \frac{1}{2\pi}\sqrt{\frac{K_z g}{P}} = \frac{1}{2 \cdot 3{,}14}\sqrt{\frac{162 \cdot 10^5 \cdot 9{,}8}{33300}} = 11\ Гц;$$

$$\Delta L = 20 \lg\left(\frac{50^2}{11^2} - 1\right) = 20 \lg 20 = 26\ дБ.$$

Отримане значення ΔL не менше, ніж вибране раніше.

Приклад 5.3. Розрахувати віброізоляцію вібромайданчика та віброгасний фундамент, забезпечивши дотримання допустимих параметрів вібрації робочих місць. Виконати два варіанти влаштування віброізоляції — пружинні віброізолятори та пневмогумові амортизатори (рис. 5.5 а, б). Визначити ефективність розрахованих віброізолювальних пристроїв.

Вібромайданчик з вертикально спрямованим напрямком коливань має вантажопідіймальність 10 *т*; загальна вага Q = 13 860 *Н*, в тому числі рухомих частин $Q_{р.ч.}$ = 11 300 *Н*; частота коливань — 50 *Гц*; максимальний кінетичний момент дебалансів — M = 5200 *Н/см*; амплітуда коливань віброплатформи — a = 0,5 *мм*; розмір віброплатформи — 6х2,2 *м*; грунт — пісок дрібний, маловологий.

Розв'язок. **Розрахунок віброізоляції із застосуванням пружинних віброізоляторів.** Визначаємо динамічну силу, створювану дебалансами вібраторів:

$$F = \frac{M\omega^2}{q} = \frac{5200\left(2 \cdot 3{,}14 \cdot 50\right)^2}{981} = 522629\ Н,$$

де $\omega = 2\pi f$ — колова частота вібраторів, $с^{-1}$.

Загальна жорсткість пружинних віброізоляторів з врахуванням статичної деформації $\lambda_{ст}$ = 0,5 *см*

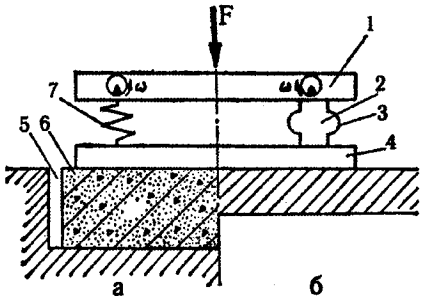


Рис. 5.5. Схема влаштування вібромайданчика з пружинними віброізоляторами (а) та пневмогумовими амортизаторами (б):
1 — рухома частина вібромайданчика; 2 — камера пневмогумового амортизатора; 3 — гумово-кордова оболонка пневмогумового амортизатора; 4 — нерухома частина (основа); 5 — акустичний шов; 6 — віброгасна основа (фундамент); 7 — пружинний віброізолятор

$$K = \frac{Q_{Р.Ч.}}{\lambda_{СТ}} = \frac{113000}{0,005} = 22600000\ Н/м;$$

$$f_0 = \frac{5}{\sqrt{\lambda_{СТ}}} = \frac{5}{\sqrt{0,5}} = 7,05\ Гц.$$

Коефіцієнт передачі згідно з формулою (5.3)

$$\mu = \frac{1}{\left(\frac{50}{7,05}\right)^2 - 1} = \frac{1}{49}.$$

Динамічна сила, що передається на основу:

$$F_0 = F \cdot \mu = \frac{522629}{49} = 10666\ Н.$$

Мінімальна площа основи вібромайданчика 500х200 = 100 000 $см^2$
Маса основи

$$m_0 = \frac{Q - Q_{Р.Ч.}}{g} = \frac{13860 - 11300}{9,81} = 261\ см^2.$$

Розраховуємо коефіцієнт жорсткості природної основи за заданим грунтом — піском дрібним маловологим з допустимим нормативним тиском $R = 2 \cdot 10^5$ $Па$; $c_z = 40\ Н/см^3$ (табл. 5.7, 5.8).

$$K_0 = S_0 \cdot c_z = 100\,000 \cdot 40 = 4\,000\,000\ Н/см.$$

Власна частота коливань основи вібромайданчика визначається за формулою (5.7):

$$f_\Phi = \frac{1}{6,28}\sqrt{\frac{4000000}{261,6}} = 21,6 \ Гц,$$

де $m_0 = \dfrac{Q - Q_{Р.Ч.}}{q}$.

Таблиця 5.7

Коефіцієнти пружного рівномірного стиснення грунтів залежно від нормативного тиску на основу умовного фундаменту

Коефіцієнт пружного рівномірного стиснення грунтів R, $1 \cdot 10^5$, *Па*	1	2	3	4	5
Нормативний тиск, c_z, $Н/см^3$	20	40	50	60	70

Таблиця 5.8

Допустимі нормативні тиски на грунт R, $1 \cdot 10^5$ *Па*

Вид грунту	Допустимий нормативний тиск R	Вид грунту	Допустимий нормативний тиск R
Піски незалежно від вологості:		Супіщаний при коефіцієнті пористості K:	
— крупні	3,5—4,5	— 0,5	3
— середньої крупності	2,5—3,5	— 0,7	2
Піски дрібні:		Суглинки при коефіцієнті пористості K:	
— маловологі	2—3	— 0,5	2,5—3
— насичені водою	2,5—1,5	— 0,7	1,8—2,5
Піски пиловидні:		— 1	1—2
— маловологі	2—2,5		
— дуже вологі	1,5—2		
— насичені водою	1—1,5		

Амплітуда переміщень основи вібромайданчика

$$a_0 = \frac{F_0}{K_0\left(\dfrac{f^2}{f_\Phi^2} - 1\right)} = \frac{10666}{4000000\left(\dfrac{50^2}{21,6^2} - 1\right)} = 0,00061 \ см$$

$0,0061 \ мм < a_{доп} = 0,0282 \ мм$ (табл. 5.9).

Таким чином, при застосуванні пружинних віброізоляторів амплітуда вібропереміщення основи вібромайданчика не перевищуватиме допустимого значення.

Розрахунок віброізоляції із застосуванням пневмогумових амортизаторів.

Визначаємо власну частоту коливань вібромайданчика, встановленого на пневмогумових амортизаторах

Таблиця 5.9

Допустимі значення амплітуди вібропереміщення

Частота гармонійної складової, *Гц*	Амплітуда вібропереміщення, $a_{доп}$, *мм*, у виробничих приміщеннях		Частота гармонійної складової, *Гц*	Амплітуда вібропереміщення, $a_{доп}$, *мм*, у виробничих приміщеннях	
	з вібруючими установками	без вібруючих установок		з вібруючими установками	без вібруючих установок
2	1,4	0,57	16	0,0282	0,0112
4	0,25	0,1	31,5	0,0141	0,0056
8	0,063	0,025	63	0,0072	0,0028

$$f_0 = \frac{1}{2\pi}\sqrt{\frac{C_П + C_E + C_Г}{m}}, \qquad (5.29)$$

де $C_Г = \dfrac{h \cdot \beta \cdot P_0 \cdot S}{Q_0}$ — жорсткість від зміни ефективної площі, $Н/м$;

$C_E = \alpha(P_0 - P)$ — жорсткість пружного пневмоелемента, $Н/м$;

$C_Г$ — жорсткість гумовокордової оболонки, $Н/м$;

$h = 1{,}41$ — безрозмірний показник;

$\beta = \dfrac{dV}{dz} \approx S$ — похідна зміни об`єму пружного пневмоелемента за прогином;

P_0 — робочий тиск у пневмогумовому амортизаторі, *Па*. Приймаємо в розрахунках робочий тиск у камерах $P_0 = 6{,}0 \cdot 10^4$ *Па*;

V — об`єм камери пневмогумового амортизатора, $м^3$; приймаємо $V = 0{,}4$ $м^3$;

S — загальна ефективна площа встановлених пневмогумових амортизаторів; $S = 1{,}5$ $м^2$;

P — атмосферний тиск, *Па*.

Значення власної частоти коливань вібромайданчика при проведенні попередніх розрахунків визначаємо за формулою

$$f_0 = \frac{S}{2\pi}\sqrt{\frac{h \cdot P_0}{m_{Р.Ч.} \cdot V}} = \frac{1{,}5}{2 \cdot 3{,}14}\sqrt{\frac{1{,}41 \cdot 6{,}0 \cdot 10^4 \cdot 9{,}81}{11300 \cdot 0{,}4}} = 3{,}3 \ Гц.$$

Визначаємо коефіцієнт передачі пневмогумових амортизаторів за формулою (5.3).

$$\mu = \frac{1}{\left(\dfrac{50}{3{,}3}\right)^2 - 1} = \frac{1}{229}.$$

Динамічна сила, котра передається на основу

$$F_0 = F\mu = \frac{522629}{229} = 2282 \ H$$

Визначаємо амплітуду переміщень основи вібромайданчика

$$a_0 = \frac{F_0}{K_0\left(\frac{f^2}{f_0^2} - 1\right)} = \frac{2282}{4000000\left(\frac{50^2}{21,6^2} - 1\right)} = 0,00013 \ см = 0,0013 \ мм < a_{доп}$$

Таким чином, при використанні пневмогумових амортизаторів амплітуда переміщень фундамента не перевищуватиме допустимої величини.

Поєднання пружинних віброізоляторів з віброгасною основою та пневмогумових амортизаторів амплітуди переміщень фундаментів не перевищують допустимих величин. Пневмогумові амортизатори більш ефективні, оскільки коефіцієнт передачі пружинних амортизаторів $\mu = {}^1/_{49}$, а пневмогумових амортизаторів — $\mu = {}^1/_{229}$. При використанні пневмогумових амортизаторів немає потреби влаштовувати дорогі та складні при виготовленні фундаменти.

Розділ 6

ЗАХИСТ ВІД ЕЛЕКТРОМАГНІТНИХ ВИПРОМІНЮВАНЬ

6.1. ДЖЕРЕЛА ЕЛЕКТРОМАГНІТНИХ ПОЛІВ

Джерелами електромагнітних полів (ЕМП) є: атмосферна електрика; радіовипромінювання; електричне та магнітне поля Землі; штучні джерела; потужні телевізійні та радіомовні станції; установки високочастотного нагрівання тощо.

Струми високої частоти використовуються для термічної обробки металів. В медицині та в радіотехніці використовуються струми ультрависокої та надвисокої частоти.

Джерелами випромінювань електромагнітної енергії радіочастотного діапазону є також різні вимірювальні, контрольні і лабораторні прилади різноманітного призначення. Електромагнітна енергія (ЕМЕ) випромінюється через неекрановані оглядові вікна, отвори, жалюзі, щілини, нещільності. В установках індукційного нагрівання джерелами випромінювання є індуктори, високочастотні трансформатори, конденсатори, лінії передачі. В установкх діелектричного нагрівання електромагнітну енергію випромінюють робочі конденсатори та фільтри, в радіоапаратурі — блоки передавачів, розподільні фільтри, фідери, антенні комутатори, антенні системи тощо.

Високочастотні струми створюють у повітрі випромінювання електромагнітного походження, що аналогічні інфрачервоному, видимому, рентгенівському та гамма-випромінюванням. Різниця полягає лише в довжині хвилі та частоті коливань.

Електромагнітні поля, створені людиною, в багатьох випадках у сотні разів перевищують середнє природне поле. В сучасних умовах на організм людини впливають різноманітні радіопередавальні пристрої, електрифіковані транспортні лінії та лінії електропередач.

Впливу електромагнітних полів зазнає сільське населення, що проживає в районах проходження високовольтних ліній електропередач (ЛЕП) і вирощує сільськогосподарську продукцію в зонах дії випромінювань. Проблема біологічної дії електричних полів промислової частоти в умовах населених місць пов'язується зі спорудженням потужних ліній електропередач надвисокої напруги (500, 750, 1150 *кВ*). Згідно з діючими нормами ці лінії електропередач не проходять на території населених пунктів. У окремих випадках вони перетинають дачні селища, сади, городи тощо. Близько 80% ліній електропередач проходять через орні угіддя, де періодично знаходяться люди. В місцях найбільшого провисання проводів і на відстані 5 *м* від лінії напруженість складає для ліній електропередач 500 *кВ* — 8 *кВ/м*, 750 кВ — понад 15 *кВ/м*.

Населення, що зазнає впливу електромагнітних полів, поділяється на 3 групи: I група — особи, які зазнають впливу ЕМП до 30 хв/добу; II група — до 120 хв/добу; III група — майже цілодобово.

Електромагнітне поле характеризується довжиною хвилі λ, *м*, або частотою коливань f, *Гц*:

$$\lambda = c \cdot T = \frac{c}{f}, \text{ або } c = \lambda \cdot f, \tag{6.1}$$

де $c = 3 \cdot 10^8$ *м/с* — швидкість поширення радіохвиль, рівна швидкості світла;

f — частота коливань, *Гц*;

$T = \frac{1}{f}$ — період коливань.

Спектр електромагнітних коливань лежить у межах від міліметрів до десятків кілометрів у діапазоні від $3 \cdot 10^4$ *Гц* до $3 \cdot 10^{11}$ *Гц* (рис. 6.1).

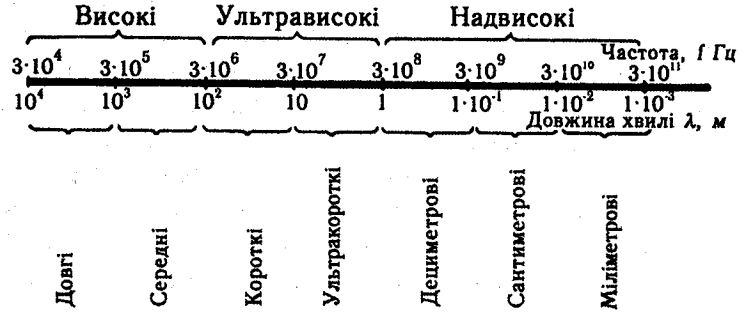


Рис. 6.1. Спектр електромагнітних коливань

Електромагнітні поля, які виникають при використанні струмів високої частоти є шкідливими, тому необхідно вдаватися до запобіжних заходів щодо обмеження цього впливу на людей.

6.2. ЕЛЕКТРОМАГНІТНІ ПОЛЯ ПРОМИСЛОВОЇ ЧАСТОТИ В ЕЛЕКТРОУСТАНОВКАХ НАДВИСОКОЇ НАПРУГИ

При експлуатації відкритих розподільних пристроїв та повітряних ліній електропередач напругою понад 330 *кВ* у просторі навколо струмоведучих частин діючих електроустановок виникає сильне електромагнітне поле, котре негативно впливає на здоров'я людей.

Ступінь впливу електромагнітного поля на біологічні об'єкти оцінюється кількістю електромагнітної енергії, поглинутої об'єктами, що знаходяться в полі. При малих частотах (до 50 *Гц*) електромагнітне поле розглядається як таке, що складається з електричної та магнітної складових, практично не пов'язаних між собою.

В будь-якій точці поля в електроустановках надвисокої напруги поглинута тілом людини енергія магнітного поля приблизно в 50 разів менша, ніж поглинута ним енергія електричного поля. В робочих зонах відкритих розподільних пристроїв та проводів ВЛ-750 *кВ* напруженість магнітного поля складає 20—25 *А/м* при небезпеці шкідливого впливу 150—200 *А/м*. Таким чином, небезпечна дія електромагнітних полів електроустановок надвисокої напруги при $f = 50$ *Гц* зумовлюється електричним полем, тобто нормується напруженість *Е*, *кВ/м*.

Поблизу електроустановок напруженість електричного поля має різні значення і залежить від номінальної напруги, відстані по висоті та горизонталі розглядуваної точки від струмоведучих частин.

6.2.1. ПАРАМЕТРИ ЕЛЕКТРИЧНОГО ПОЛЯ ПРОМИСЛОВОЇ ЧАСТОТИ ВИСОКОВОЛЬТНИХ ЛІНІЙ ТА ВІДКРИТИХ РОЗПОДІЛЬНИХ ПРИСТРОЇВ

Основними параметрами електричного поля промислової частоти є потенціал точки поля відносно землі φ, *кВ* та напруженість електричного поля *Е*, *кВ/м*.

На характер розподілу та на величину параметрів електричного поля промислової частоти біля високовольтної лінії та на відкритий розподільчий пристрій впливають напруга електроустановок, режим роботи та провисання дротів. Напруженість та потенціал електричного поля промислової частоти прямо пропорційно і лінійно залежить від напруги лінії. Провисання дротів на лініях надвисоких напруг за нормальних умов складає 10—13 *м*, внаслідок чого в 3—5 разів збільшуються параметри електричного поля промислової частоти. Заземлені опори спричиняють екранувальну дію і через це поряд з опорами параметри поля в декілька разів менші, ніж на деякій віддалі від опор (табл. 6.1, рис. 6.2).

Таблиця 6.1

Параметри електричного поля залежно від напруги електроустановки

Електроустановка	Параметри електричного поля при напрузі електроустановки, *кВ*							
	330		400		500		750	
	φ, *кВ*	*Е*, *кВ/м*	φ,, *кВ*	*Е*, *кВ/м*	φ,, *кВ*	*Е*, *кВ/м*	φ,, *кВ*	*Е*, *кВ/м*
Високовольтні лінії	4—7	2—4	6—9	4—6	8—12	8—10	12—37	6—22
Відкриті розподільчі пристрої	3—10	5—7	4—19	5—8	6—20	6—15	10—50	5—30

Примітка. Значення потенціалів та напруг електричного поля вказані на висоті зросту людини (1,8—2 *м* від землі).

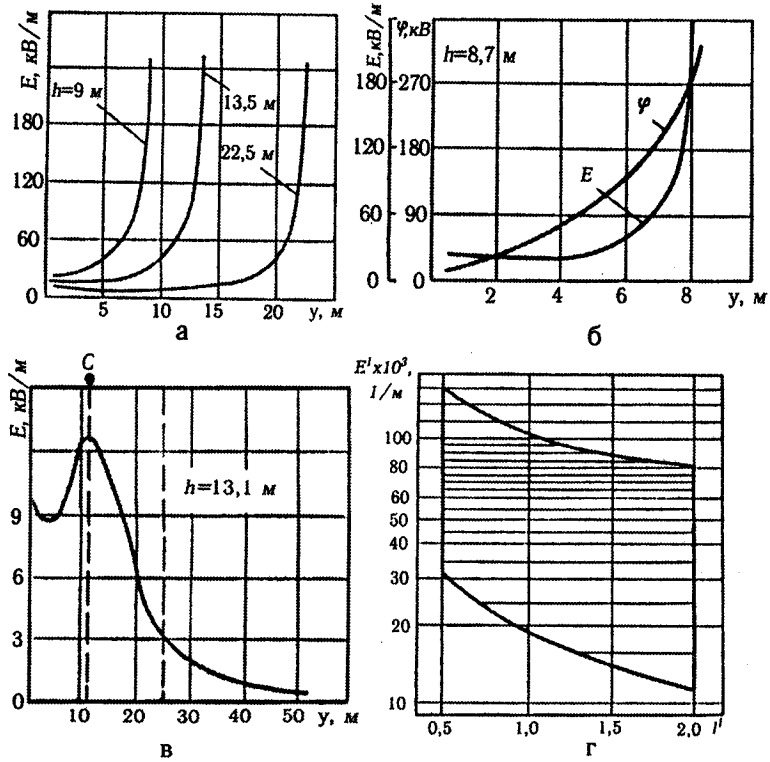


Рис. 6.2. Залежність електричних параметрів поля:

а — напруженості від відстані точки до поверхні землі під крайніми фазами високовольтної лінії 750 *кВ* при різній висоті підвішування дротів; б — потенціала напруженості від відстані точки до поверхні землі під крайніми фазами шин відкритого розподільчого пристрою 750 *кВ*; в — напруженості від відстані до осі високовольтної лінії 500 *кВ* на висоті 1,8—2 *м* від поверхні землі; г — приведеної напруженості електричного поля ($E` = E/U_ф$) до приведеної відстані до обладнання ($l` = l/l_{доп}$, де $l`$ та $l_{доп}$ — відповідно фактична та допустима віддалі) на відкритому розподільчому пристрої на висоті 1,8—2 *м* від поверхні землі

6.3. ВПЛИВ ЕЛЕКТРОМАГНІТНИХ ПОЛІВ НА ОРГАНІЗМ ЛЮДИНИ

Електромагнітні поля радіочастотних установок при перевищенні нормативних значень їхніх складових можуть стати причиною професійних захворювань. Внаслідок дії електромагнітних полів на організм людини виникають функціональні зміни центральної нервової системи. При цьому спостерігається підвищена втомлюваність, біль голови. Первинний прояв дії електромагнітної хвилі — нагрівання, яке призводить до пошкодження тканин і органів.

Поля надвисоких частот впливають на очі, викликаючи виникнення катаракти.

Багаторазовий вплив випромінювання малої інтенсивності призводить до стійких функціональних змін центральної нервової системи. Ступінь біологічного впливу електромагнітних полів на організм людини залежить від частоти коливань, напруженості та інтенсивності поля, тривалості його впливу.

Внаслідок тривалого перебування в зоні дії електромагнітних полів настає передчасна втомлюваність, сонливість або порушення сну, часто болить голова, виникають розлади нервової системи. Систематичне опромінення викликає стійкі нервово-психічні захворювання, зміни тиску крові, сповільнення пульсу, гіпотонію або гіпертонію, випадання волосся, ламкість нігтів, знижується точність робочих рухів, виникнення болю серця, що супроводжується аритмією.

Під впливом електромагнітних полів відбувається поглинання енергії поля тканинами тіла. При цьому в опромінюваних тканинах виникає іонна дисперсія, дипольне та резонансне поглинання. Тканини живого організму складаються з клітин з рідким вмістом. В постійному електричному полі вона поляризується. Іони, котрі знаходяться в рідкому середовищі тканин організму, внаслідок електролітичної дисоціації молекул переміщаються вздовж силових ліній поля в бік полюсів, протилежних їхнім зарядам (рис. 6.3 а, б). Дипольні молекули (переважно молекули води) орієнтуються в тому ж напрямку (рис. 6.3 в, г). Іонні струми протікають лише по міжклітинній рідині, оскільки при постійній напрузі біологічні мембрани клітин, як хороші ізолятори, надійно ізолюють внутріклітинний вміст.

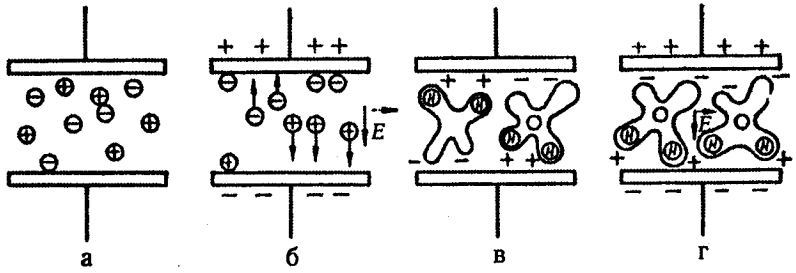


Рис. 6.3. Поляризація рідкого вмісту клітин організму:
а — хаотичний — при відсутності електричного поля; б — впорядкований — під його впливом рух іонів в електроліті; в — довільне — при відсутності електричного поля; г — впорядковане — розташування полярних молекул в діелектриках

У змінних електромагнітних полях електричні властивості живих клітин залежать від частоти. Зі зростанням частоти вони набувають властивостей провідників. Енергія електромагнітного випромінювання перетворюється в тепло. Ступінь нагрівання тканин тіла людини залежить від інтенсивності, частоти поля та інтенсивності опромінення. Нагрівання особливо небезпечне для органів з невисокою терморегуляцією, які мають невелику кількість кровоносних судин або недостатньо інтенсивний кровообіг (мозок, шлунок, кришталик очей, кишечник, жовчний та сечовий міхури, яєчники). Електромагнітне випромінювання з довжиною хвилі 1—20 *см* шкідливо впливає на очі, викликаючи катаракту і втрату зору. Під впливом магнітного поля частотою 50 *Гц* виникає відчуття блимання.

Нетеплова дія електромагнітного поля стосується будови та зовнішнього виду тканин і органів тіла людини (опіки, змертвіння, крововиливи, зміни структури клітин крові, судинні зміни, розлади живлення тканин, органів).

Під впливом НВЧ-випромінювань виникає орієнтаційний ефект. При цьому тверді завислі частинки, котрі містяться в жировій тканині, розчинах еритроцитів, молока, крові

та лімфі збираються в кільцеподібні ланцюжки. Виникає шкірне захворювання, проявом якого є поява послідовно розташованих пухирців, заповнених каламутною рідиною.

Крім біологічної дії електричне поле зумовлює виникнення розрядів між людиною та металевими предметами, котрі мають інший потенціал, ніж людина. Якщо людина ізольована від землі, то тіло виявляється під потенціалом, який може сягати декількох кіловольт.

У випадку дотику людини, ізольованої від землі, до заземленого металевого об'єкта або ж при дотику людини, яка має контакт із землею, до металевого предмета, ізольованого від землі, через тіло людини в землю проходить розрядний струм, що може викликати біль. Струм розряду подразнює нервові закінчення шкіри і викликає рефлекторне, судомне скорочення м'язів. При різниці потенціалів близько 15 *кВ* через людину протягом 0,05—0,5 *мкс* проходить струм розряду силою декілька десятків ампер, викликаючи короткочасні шокові стани. Особливо небезпечні такі розряди при виконанні робіт на висоті. При дотику до предметів значних розмірів сила струму, що проходить через людину, може досягати значень, небезпечних для життя.

6.4. НОРМУВАННЯ ЕЛЕКТРОМАГНІТНИХ ПОЛІВ

Згідно з ГОСТ 12.1.006-84 нормованими параметрами в діапазоні частот 60 *кГц*—30 *МГц* є напруженість електричної E, $Вт/м^2$ та магнітної H, $А/м$, складових поля. На робочих місцях та в місцях можливого перебування персоналу пов'язаного з впливом електромагнітного поля, гранично допустима напруженість цього поля протягом робочого дня не повинна перевищувати нормативних значень.

Вплив електромагнітного поля на біологічний об'єкт оцінюється кількістю електромагнітної енергії, поглинутої цим об'єктом при його знаходженні в цьому полі, *Вт*

$$W_{погл} = \sigma \cdot S_{ЕФ}, \qquad (6.2)$$

де σ — густина потоку потужності випромінювання електромагнітної енергії, $Вт/м^2$;

$S_{ЕФ}$ — ефективна поглинаюча поверхня тіла людини, $м^2$.

Небезпеку електромагнітних полів з частотами до 300 *МГц* оцінюють напруженістю його складових, а в діапазоні частот 300 *МГц*—300 *ГГц* — щільністю потоку енергії. Значення гранично допустимої напруженості електричного та магнітного полів на робочих місцях та в місцях перебування персоналу наведено в табл. 6.2 та 6.3.

В табл. 6.4 наведено гранично допустимі величини щільності потоку енергії залежно від часу опромінення. Якщо радіотехнічні системи працюють у режимі сканування або обертання, і опромінення періодичне, тоді гранично допустимі значення щільності потоку енергії збільшуються в 10 разів (табл. 6.5).

Якщо обслуговуючий персонал підлягає впливу електромагнітної енергії та рентгенівського випромінювання або високої температури повітря в робочій зоні (понад 28 °С), то гранично допустима щільність потоку енергії не повинна перевищувати 0,1 $Вт/м^2$ протягом робочого дня, 1 $Вт/м^2$ протягом 2 год. за зміну. Протягом решти робочого часу значення гранично допустимої щільності потоку енергії не повинне перевищувати 0,1 $Вт/м^2$.

Гранично допустимі величини електромагнітної енергії в населених пунктах наведено в табл. 6.6.

Гранично допустимі величини електромагнітної енергії при експлуатації побутових НВЧ-печей не повинні перевищувати 0,1 $Вт/м^2$ при триразовому щоденному опроміненні по 40 хв. та загальній тривалості опромінення не більше 2 год. за добу.

Таблиця 6.2

Гранично допустима напруженість електричного поля

Частота електромагнітного поля x10^6, *МГц*	Допустима напруженість електричного поля, $В/м$
0,06—3	50
3—30	20
30—50	10
50—300	5

Таблиця 6.3

Гранично допустима напруженість магнітного поля

Частота електромагнітного поля x10^6, *МГц*	Допустима напруженість магнітного поля, $А/м$
0,001—0,012*	25
0,001—0,03**	100
0,06—1,5	5
30—50	0,3

Примітка. 0,001—0,012* — неперервний режим; 0,001—0,03** — імпульсний режим.

Таблиця 6.4

Гранично допустимі значення щільності потоку енергії в діапазоні частот 300 *МГц*—300 *ГГц*

Густина потоку потужності енергії σ, $Вт/м^2$	Допустимий час перебування в зоні впливу ЕМП	Примітка
До 0,1	Робочий день	—
0,1—1,0	Не більше 2 год.	В інший робочий час густина потоку енергії не повинна перевищувати 0,1 $Вт/м^2$
1,0—10,0	Не більше 10 хв.	При умові використання захисних окулярів. У інший робочий час густина потоку енергії не повинна перевищувати 0,1 $Вт/м^2$

Таблиця 6.5

Гранично допустимі значення щільності потоку енергії для радіотехнічних систем в режимі сканування або обертання

Щільність потоку енергії, $Вт/м^2$	Час перебування
До 1	Робочий день
Від 1 до 10	Не більше 2 год*

Примітка. Не більше 2 год.* — протягом решти робочого часу значення щільності потоку енергії не повинна перевищувати 1 $Вт/м^2$.

Таблиця 6.6

Гранично допустимі величини електромагнітної енергії в населених пунктах

Частота електромагнітної енергії (довжина хвилі)	Гранично допустима інтенсивність електромагнітної енергії на території житлової забудови, $В/м$	Частота електромагнітної енергії (довжина хвилі)	Гранично допустима інтенсивність електромагнітної енергії на території житлової забудови, $В/м$
50 *Гц*	500	3—30 *МГц* (100—10 *м*)	4
30—300 *кГц* (10—1 *км*)	20	30—300 *МГц* (10—1 *м*)	2
0,3—3 *МГц* (1—0,1 *км*)		0,3—300 *ГГц* (1 *м*—1 *мм*)	0,05*

Примітка. 0,05* — у $Вт/м^2$.

В табл. 6.7 наведено допустимий час перебування людини в електричному полі промислової частоти надвисокої напруги (400 *кВ* і вище).

У випадку, коли напруженість поля на робочому місці перевищує 25 $кВ/м$, або ж коли необхідно забезпечити більшу тривалість перебування людини в полі, ніж вказано в табл. 6.7, необхідно використовувати екранувальні костюми або екранувальні пристрої.

Простір, у котрому напруженість електричного поля складає 5 $кВ/м$ і більше, називають небезпечною зоною або зоною впливу. Ця зона знаходиться в межах круга з центром у точці розташування найближчої струмоведучої частини, котра знаходиться під напругою, радіусом $R = 20$ *м* для електроустановок напругою 400—500 *кВ* і $R = 30$ *м* для електроустановок напругою 750 *кВ* (рис. 6.4).

Ці відстані отримано замірами всередині прольоту високовольтної лінії при найбільшій стрілі провисання дротів та біля повітряних вимикачів на відкритому розподільчому пристрої.

Допустиме значення струму, який тривалий час проходить через тіло людини і зумовлений впливом електричного поля електроустановок надвисокої напруги, складає

50—60 *мкА*, що відповідає напруженості електричного поля 5 *кВ/м*. Це значення вважається допустимим, оскільки при електричних розрядах, які виникають в момент дотику до металевої конструкції, яка має інший, ніж людина, потенціал, больові відчуття не виникають.

Межею зони впливу є віддаль від струмоведучих частин до точок на поверхні землі, напруженість поля над котрими на висоті 1,8 *м* (рівень голови людини) складає 5 *кВ/м*.

Таблиця 6.7

Гранично допустимий час перебування людини в електричному полі напругою 400 *кВ* і вище (50 *Гц*)

Електрична напруженість *Е*, *кВ/м*	Допустимий час перебування, хв.	Примітка
< 5	Без обмежень (робочий день)	—
5—10	≤ 180	Іншу частину робочого дня людина знаходиться в місцях, де напруженість електричного поля менша або рівна 5 *кВ/м*
10—15	≤ 90	
15—20	≤ 10	
20—25	≤ 5	

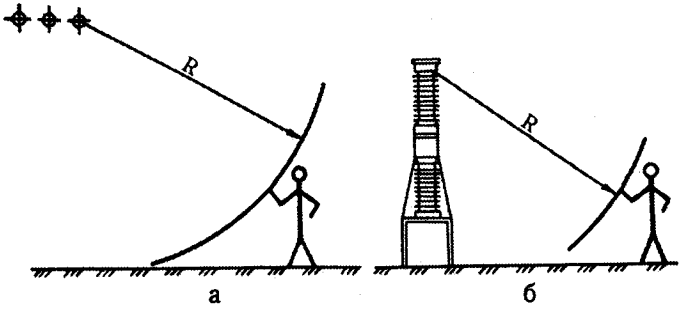


Рис. 6.4. Радіуси небезпечних зон:
а — джерело впливу — відкритий розподільний пристрій або проводи повітряної лінії електропередач;
б — джерело впливу — струмоведучі частини апаратів

6.5. ЗАХИСТ ВІД ЕЛЕКТРИЧНОГО ПОЛЯ ПРОМИСЛОВОЇ ЧАСТОТИ

Залежно від особливостей опромінення людей, місця розташування та технічних характеристик високовольтних ліній і відкритих розподільних пристроїв застосовують наступні методи захисту від електричних полів: захист часом або віддаллю; вибір оптимальних геометричних параметрів високовольтних ліній та відкритих розподільних пристроїв, застосування заземлених тросів, стаціонарних пересувних екранувальних пристроїв, екранувального одягу.

Захист часом передбачає скорочення часу перебування людини в електричному полі промислової частоти, якщо напруженість поля перевищує 5 *В/м* (табл. 6.2).

Захист віддаллю. Оскільки напруженість електричного поля промислової частоти зменшується при збільшенні віддалі від джерела поля, то існують такі віддалі, на яких напруженість поля не перевищує допустимого значення.

Правила техніки безпеки при експлуатації електроустановок в окремих випадках передбачають поєднання захисту часом і віддаллю одночасно.

Допускається працювати на землі в зоні впливу електричного поля на робочих місцях у наступних випадках:

— біля високовольтних ліній 400—500 *кВ* без обмеження часу в межах 20 *м* від осі опори будь-якого типу і не більше 90 хв. у випадку виконання робіт у прольоті;

— біля високовольтних ліній 750 *кВ* не більше 180 хв. в межах 30 *м* від осі проміжної опори і не більше 10 хв. при виконанні робіт у прольоті або поблизу анкерної або кутової опори.

Для захисту від електричних полів надвисокої напруги (50 *Гц*) необхідно збільшувати висоту підвішування фазових проводів ліній електропередач.

З метою захисту населення від впливу електричного поля високовольтних ліній передбачаються санітарно-захисні зони. Встановлено наступні значення гранично допустимих рівнів (ГДР) напруженості електричного поля: всередині житлових будинків — 0,5 *кВ/м*; на території зони житлової забудови — 1 *кВ/м*; в населеній місцевості (міста, селища, села, території городів та садів) — 5 *кВ/м*; на ділянках перетину високовольтних ліній з автомобільними дорогами I—IV категорій — 10 *кВ/м*; в ненаселеній місцевості (включаючи сільськогосподарські угіддя) — 15 *кВ/м*; у важкодоступній місцевості — 20 *кВ/м*.

Території санітарно-захисних зон розташовуються вздовж трас повітряних ліній електропередач по обидва їх боки. Розміри цієї території визначаються від проекції на землю крайнього струмонесучого дроту до відстаней, на яких забезпечується гранично допустимий рівень поля, встановлений діючими санітарними нормами.

Для повітряних ліній електропередачі напругою 330 *кВ* встановлюється межа санітарно-захисної зони в одну сторону 20 *м*, для 500 *кВ* — 30 *м*, для 750 *кВ* — 40 *м*, для 1150 *кВ* — 55 *м*.

В межах санітарно-захисних зон повітряних ліній електропередач забороняється розміщувати житлові і громадські будівлі, дачні ділянки та інші місця перебування людей, майданчики для стоянки та зупинки всіх видів транспорту, підприємства з обслуговування автомобілів, а також сховища нафти і нафтопродуктів.

При проектуванні в санітарно-захисних зонах сільськогосподарських угідь вирощування винограду, хмелю з метою запобігання впливу електричного поля на сільськогосподарських працівників необхідно встановлювати шпалерну проводку для підвіски винограду і хмелю перпендикулярно до осі повітряних ліній електропередач.

Відстань від осі повітряних ліній електропередач, що проектуються, до межі населених пунктів не повинна бути меншою 250 *м* для повітряних ліній електропередач напругою 750 *кВ* і 300 *м* — для повітряних ліній електропередач напругою 1150 *кВ*. На ділянках стисненої траси повітряної лінії електропередач напругою 750— 1150 *кВ* (ущелини, насипи тощо) допускається зменшення відстаней, але менше, ніж зазначені вище.

Повітряні лінії електропередачі напругою 35—110 *кВ* і вище потрібно розміщувати за межами сельбищної території або проводити їх заміну підземними кабельними лініями. Прокладку електричних мереж напругою 20 *кВ* на сельбищних територіях міст і селищ міського типу в районах забудови будинками 4-х поверхів і вище, а також на території курортних комплексів потрібно, як правило, передбачати кабельними лініями.

Якщо напруженість електричного поля перевищує ГДР, повинні бути передбачені заходи щодо її зниження шляхом віддалення житлової забудови від високовольтних ліній, вирощування сільськогосподарських культур, які не потребують ручної обробки, тобто повинні бути виключені умови для тривалого перебування людей в зоні дії електричного поля. Використовуються різні екрани, високі чагарники, дерева, будівельні конструкції з дерева та цегли. Машини та механізми, які знаходяться в санітарно-захисних зонах, повинні бути заземленими. Як заземлювач допускається використовувати металевий ланцюг, котрий торкається землі. Машини без критих металевих кабін повинні бути обладнані екранами. На території санітарно-захисних зон ВЛ — 750 *кВ* та вище заборонено виконувати сільськогосподарські роботи особам віком до 18 років.

Вибір оптимальних геометричних параметрів високовольтних ліній та відкритих розподільних пристроїв. Величини потенціалів та напруженості електричного поля залежать від конструктивних параметрів дротів високовольтної лінії та шин відкритих розподільних пристроїв. Суттєво знизити потенціал та напруженість електричного поля можна шляхом оптимального вибору цих параметрів. На рис. 6.5 показано залежність потенціалу під крайнім фазовим проводом високовольтної лінії на висоті 1,8 *м* над поверхнею землі від геометричних параметрів високовольтної лінії 750 *кВ* та висоти підвішування дротів h, кількості дротів у фазі n, віддалі між дротами та між фазовими дротами d, а також від радіуса дротів r_0.

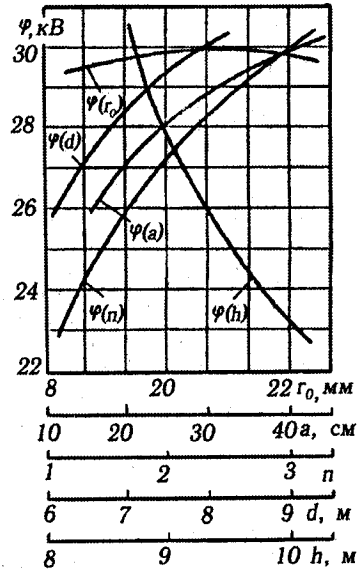


Рис. 6.5. Залежність потенціалу під крайнім фазовим дротом високовольтної лінії на висоті 1,8 *м* над поверхнею землі від геометричних параметрів високовольтної лінії 750 *кВ*

Застосування заземлених тросів. Заземлені троси, підвішені під струмоведучими з'єднувальними шинами, дозволяють значно знизити параметри електричного поля промислової частоти у робочій зоні. Відносне зменшення потенціалу при цьому характеризується коефіцієнтом зменшення потенціалу

$$k_\varphi = \frac{\varphi - \varphi'}{\varphi} \cdot 100, \qquad (6.3)$$

де φ та φ' — потенціали в точці при відсутності та при наявності заземлених тросів відповідно, *В*.

У випадку використання одного заземленого троса на висоті 2,5 *м* від поверхні землі під з'єднувальними шинами відкритого розподільного пристрою 750 *кВ*, k_φ під даною шиною сягає 75%, тобто потенціал зменшується з 30 до 9 *кВ*. При наявності трьох заземлених тросів, розташованих під кожною фазою, k_φ під крайніми фазами складає 50%, а під середніми — 75%. Найсуттєвіше впливають на потенціал зменшення висоти підвішування та відстані між заземленими тросами.

Екрани. Захисні властивості екранів базуються на ефекті послаблення напруженості електричного поля в просторі поблизу заземленого металевого предмета. Екрани виготовляються у вигляді металевої сітки, розташованої між екранованим простором та джерелом електричного поля (рис. 6.6).

Захисна дія екрана характеризується ефективністю екранування $\varepsilon = \varphi_P/(\varphi_P - \varphi_{Pe})$, де φ_P і φ_{Pe} — потенціали в точці *P* при відсутності і при наявності екрана відповідно.

На рис. 6.6 показано залежність ефективності екранування сітчастим екраном (при h_1 = 2 *м* та h_P = 1,8 *м*) від розміру чарунки *a*, діаметра дроту *d* та віддалі по

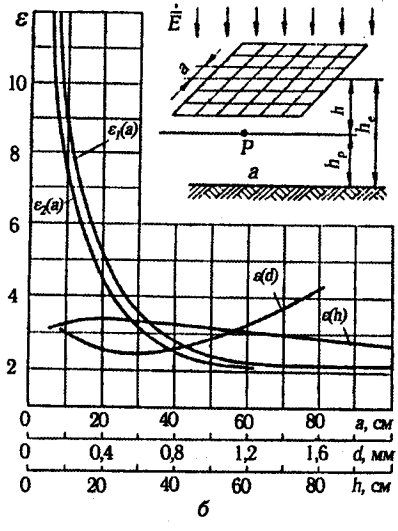


Рис. 6.6. Екран з металевої сітки (а) та залежність ефективності екранування від параметрів екрана (б):
$\varepsilon_1(a)$ — при d = 0,4 *мм* та h = 20 *см*; $\varepsilon_2(a)$ — при d = 1,25 *мм* та h = 20 *см*;
$\varepsilon(d)$ — при a = 50 *см* та h = 20 *см*; $\varepsilon(h)$ — при a = 30 *см* та d = 1,6 *мм*

вертикалі від екрана до досліджуваної точки h. Ефективність екранування збільшується при зменшенні розміру чарунки (крива $\varepsilon(a)$), наближенні розглядуваної точки до екрана (крива $\varepsilon(h)$) та збільшенні діаметра дроту сітки (крива $\varepsilon(d)$).

Сітчасті екрани використовуються при $\varepsilon \geq 8$. Розмір сторони чарунки сітки — 10—15 *см*. Діаметр дроту сітки — 0,8—1,6 *мм*. Для екранів використовують сітки з оцинкованого сталевого дроту. Дріт фарбується з метою запобігання корозії.

Стаціонарні екрани виготовляються у вигляді козирків, навісів та перегородок. Козирки встановлюються над дільницями, з котрих здійснюється обслуговування обладнання. Висота розташування навісів — 2—2,5 *м* від поверхні землі над проходами та дільницями, з котрих здійснюється огляд обладнання. Перегородки встановлюють посередині між сусідніми повітряними вимикачами таким чином, щоб нижня грань перегородки знаходилась на висоті 2—3 *м* над поверхнею землі для вільного проходу людей та проїзду автотранспорту.

Переносні екранувальні пристрої призначені для захисту персоналу, котрий протягом тривалого часу виконує експлуатаційні, ремонтні та монтажні роботи в зоні впливу, якщо стаціонарні екрани відсутні. Переносні екрани виготовляються у вигляді знімних навісів, козирків, перегородок, щитів, наметів. Переносні екрани виготовляються з металевих сіток. Намети та навіси виготовляють з металізованої тканини або брезенту, вкритого алюмінієвою фарбою.

Екранувальний одяг є індивідуальним захисним засобом. До його складу входить костюм, шолом, рукавиці та спеціальне взуття. Екранувальні костюми виготовляють зі спеціальної металізованої струмопровідної тканини у вигляді комбінезона, куртки зі штанами або плаща. Під час теплого періоду року використовуються металеві або металізовані пластмасові шоломи.

Взимку використовується хутряна шапка з прокладкою з металізованої тканини. Захисне взуття — шкіряні черевики з підошвою з електропровідної гуми або черевики, чоботи, калоші, виготовлені з тієї ж гуми. Опір підошви взуття не повинен перевищувати 50 *кОм*. Всі предмети екранувального одягу, їхні металеві елементи повинні мати між собою надійний електричний зв`язок.

Екранувальні костюми використовують, якщо напруженість поля на робочому місці перевищує 25 $кВ/м$, або тривалість роботи перевищує гігієнічні норми, вказані в табл. 6.7.

Забороняється застосовувати екранувальний одяг, якщо існує можливість випадкового дотику людини до частин обладнання, які знаходяться або можуть опинитись під напругою, при електричних випробуваннях обладнання, під час електрозварювальних робіт, при використанні ручного електрифікованого інструменту.

6.6. ЗАХИСТ ВІД ЕЛЕКТРОМАГНІТНИХ ВИПРОМІНЮВАНЬ РАДІОЧАСТОТНОГО ДІАПАЗОНУ

6.6.1. ЗОНИ ВИПРОМІНЮВАННЯ

З врахуванням широкого діапазону випромінювання електромагнітної енергії робочі місця обслуговуючого персоналу можуть опинитись у зонах індукції, проміжній і в зоні випромінювання залежно від частоти, параметрів і типів випромінювальних систем та відстані від джерела випромінювання до робочого місця.

При ізотропному випромінюванні ближня зона поширюється на відстань $r_{б.з.} \le \lambda/2\pi$. Дальня зона починається на віддалі $r_{д.з.} \ge \lambda$.

При напрямленому випромінюванні для параболічних та круглих антен межі ближніх зон $r_{б.з.} \le D^2/4\lambda$, для інших типів випромінювачів $r_{б.з.} \le L_1 L_2/4\lambda$. Дальня зона параболічних та круглих випромінювачів починається при $r_{д.з.} \ge D^2/\lambda$, для інших типів випромінювачів $r_{д.з.} \ge L_1 L_2/\lambda$ (рис. 6.7).

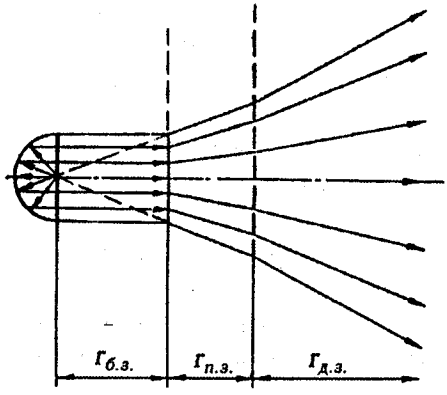


Рис. 6.7. Межі зон при напрямленому випромінюванні

Область проміжної зони $r_{п.з.} = r_{д.з.} - r_{б.з.}$.

В наведених формулах D — діаметр випромінювача, *м*; L_1 і L_2 — горизонтальний та вертикальний розміри розкриття антени, *м*; λ — довжина хвилі.

Амплітуда електричної складової електромагнітного випромінювання в зоні індукції знижується обернено пропорційно кубу відстані від джерела випромінювання, а магнітної складової — обернено пропорційно кубу відстані від джерела випромінювання. В зоні випромінювання амплітуда обох складових електромагнітного випромінювання знижується обернено пропорційно першій степені віддалі від джерела. Обладнання, прилади, металеві конструкції будівель, люди, котрі знаходяться в електромагнітному полі, викликають його деформацію.

6.6.2. РОЗРАХУНОК ІНТЕНСИВНОСТІ ЕЛЕКТРОМАГНІТНОГО ПОЛЯ НА РОБОЧОМУ МІСЦІ

Під час налагоджування, ремонту, випробування та експлуатації радіоелектронної апаратури, електротермічних установок існує можливість опромінення обслуговуючого персоналу.

В зв'язку з цим необхідно здійснювати попередній розрахунок інтенсивності опромінення електромагнітного поля та передбачати використання засобів захисту від випромінювань.

При ізотропному випромінюванні напруженість електричної E та магнітної H складових поля у ближній зоні

$$E = \frac{Il}{2\pi\omega\varepsilon r^3}; \tag{6.4}$$

$$H = \frac{Il}{4\pi r^2}, \tag{6.5}$$

де I — сила струму в провіднику (антені), $А$;
l — довжина провідника (антени), $м$;
ω — кругова частота поля;
ε — діелектрична проникність середовища;
r — відстань від джерела випромінювання до робочого місця, $м$.

В дальній зоні напруженість електричної та магнітної складових

$$E = \frac{\sqrt{30P\sigma}}{r}; \tag{6.6}$$

$$H = \frac{\sqrt{P\sigma/30}}{4\pi r}, \tag{6.7}$$

де P — потужність випромінювання, $Вт$;
σ — коефіцієнт підсилення антени.

При напрямленому випромінюванні щільність потоку енергії в ближній зоні по осі діаграми напрямленості випромінювання

$$\psi_{Б.З.} = \frac{3P_{СЕР}}{S}, \tag{6.8}$$

де $P_{СЕР}$ — середня потужність випромінювання, $Вт$;
S — площа випромінювальної системи, $м^2$.

Для установок, котрі працюють в імпульсному режимі, середня потужність

$$P_{СЕР} = \frac{P_{ІМП}\tau}{T_1}, \tag{6.9}$$

де $P_{ІМП}$ — потужність випромінювання в імпульсному режимі;
τ — тривалість імпульса;
T — період чергування імпульсів.

У проміжній зоні щільність потоку енергії

$$\psi_{П.З.} = \frac{3P_{СЕР}}{S}\left(\frac{r_{Б.З.}}{r}\right), \tag{6.10}$$

де r — відстань від центра розкриття антени до даної точки, розташованої в проміжній зоні.

В дальній точці щільність потоку енергії по осі випромінювання

$$\psi_{д.з.} = \frac{P_{СЕР}\sigma}{4\pi r^2} \tag{6.11}$$

Напруженість магнітного поля в точці А, котра лежить на осі кругового витка, по котрому проходить струм I (рис. 6.8 а)

$$H = \frac{IR^2}{2r^3} \tag{6.12}$$

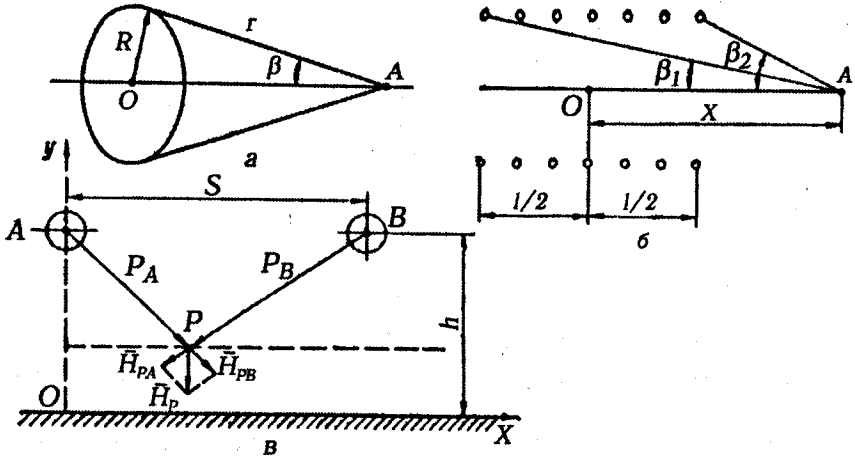


Рис. 6.8. Визначення напруженості магнітного поля:
а — кругового витка; б — одношарової циліндричної котушки; в — двопроводової лінії

Напруженість магнітного поля на осі одношарової циліндричної котушки розраховується за законом Біо-Савара-Лапласа (рис. 6.8 б):

$$H = \frac{IN}{2l}(\cos\beta_1 - \cos\beta_2), \tag{6.13}$$

де N — число витків;
l — довжина котушки;

$$\cos\beta_1 = \frac{x + l/2}{\sqrt{R^2 + (x + l/2)^2}}; \tag{6.14}$$

$$\cos\beta_2 = \frac{x + l/2}{\sqrt{R^2 + (x + l/2)^2}}, \tag{6.15}$$

де x — відстань від котушки А до середини котушки.

Напруженість магнітного поля двопроводової лінії постійного струму в точці P (рис. 6.8 в)

$$H_P = \sqrt{H_{Px}^2 + H_{Py}^2}, \tag{6.16}$$

де $H_{Px} = \frac{1}{2\pi}\left(\frac{h-y}{(h-y)^2 + x^2} - \frac{h-y}{(h-y)^2 + (S-x)^2}\right)$;

$$H_{Py} = \frac{1}{2\pi}\left(\frac{S-x}{(h-y)^2 + (S-x)^2} - \frac{x}{(h-y)^2 + x^2}\right).$$

6.6.3. ЗАХИСТ ВІД ЕЛЕКТРИЧНИХ І МАГНІТНИХ ПОЛІВ ТА ВИПРОМІНЮВАНЬ РАДІОЧАСТОТНОГО ДІАПАЗОНУ

Залежно від умов експлуатації обладнання, діапазону частот, розташування робочого місця, рівня опромінення застосовують наступні методи захисту: захист часом та віддаллю, зменшення випромінювання в джерелі випромінювання, екранування джерела полів або випромінювань, екранування робочих місць, засоби індивідуального захисту, раціональне розташування в приміщенні установок, раціоналізація режимів експлуатації установок та роботи обслуговуючого персоналу, застосування попереджувальної світлової та звукової сигналізації.

Захист часом передбачає обмеження часу перебування людини в робочій зоні, якщо інтенсивність опромінення перевищує встановлені норми. Цей метод використовується, коли немає можливості знизити інтенсивність опромінення до допустимих значень і лише для електричного поля частотою 50 *Гц* та випромінювань в діапазоні 300 *МГц*—300 *ГГц*. Допустимий час перебування залежить від інтенсивності опромінення (табл. 6.7).

Якщо інтенсивність опромінення в діапазоні 300 *МГц*—300 *ГГц* знаходиться між двома нормованими рівнями (табл. 6.4), то допустиме значення часу опромінення визначається за формулою:

$$t_{доп} = T\frac{1 + 0{,}005\psi/\psi_{доп}}{0{,}65 + 0{,}355\psi/\psi_{доп}}, \tag{6.17}$$

де ψ — інтенсивність опромінення, $Вт/м^2$;

$\psi_{доп}$ — допустима інтенсивність опромінення, $Вт/м^2$.

За допомогою цієї формули можна визначити допустимий час опромінення при значеннях ψ в інтервалі 10—1000 $мкВт/см^2$.

Захист віддаллю застосовується тоді, коли неможливо послабити інтенсивність опромінення за допомогою інших методів. В цьому випадку збільшують відстань між

джерелом випромінювання та обслуговуючим персоналом. В ближній зоні при напрямленому випромінюванні цей метод не застосовується, оскільки в цій зоні щільність поверхневої енергії не залежить від віддалі.

Передбачено також влаштування санітарно-захисних зон.

Санітарно-захисна зона для передавальних радіостанцій, обладнаних антенами неспрямованої дії, для телецентрів і телевізійних ретрансляторів, а також для радіолокаційних станцій кругового огляду встановлюється по колу.

Для передавальних радіостанцій, обладнаних антенами спрямованої дії, а також для радіолокаційних станцій, антени яких сканують у визначеному секторі або фіксовані у заданому напрямку, санітарно-захисна зона встановлюється в напрямку дії випромінювання електромагнітних хвиль.

Земельні ділянки, що входять в санітарно-захисну зону, не вилучаються у землекористувачів і можуть використовуватись як сільськогосподарські угіддя, а також для розміщення на них виробничих споруд, що належать радіотехнічному об`єкту або іншим відомствам, з дотриманням діючих санітарних норм і правил.

Зниження випромінювання в джерелі виникнення досягається шляхом застосування спеціальних пристроїв — поглиначів потужності, атенюаторів, напрямлених відгалужувачів, поділювачів потужності, хвилевих послаблювачів.

Виділення зон випромінювання. Межі зони, де ψ перевищує гранично допустимі значення, експериментально визначають для кожного випадку розташування апаратури при її роботі на максимальну потужність випромінювання. Установки огороджуються або вивішуються попереджувальні надписи "Не заходити, небезпечно!". Така зона може додатково позначатись яскравою фарбою на підлозі приміщення.

Екранування джерел випромінювання використовується для зниження інтенсивності електромагнітного поля на робочому місці. Застосовуються екрани з металевих листів або сіток у вигляді замкнених камер, шаф або кожухів.

Основною характеристикою екрана є ступінь послаблення електромагнітного поля, тобто ефективність екранування, котра є відношенням E, H, ψ в даній точці при відсутності екрана до E_e, H_e, ψ_e в тій же точці з екраном.

Ступінь послаблення електромагнітного поля залежить від глибини проникнення високочастотного струму в товщу екрана. Чим більша магнітна проникність екрана і чим вища частота екранованого поля, тим менша глибина проникнення і необхідна товщина екрана. Джерело випромінювань або робоче місце екрануються за допомогою відбивальних або поглинальних екранів.

Знаючи характеристики металу, можна розрахувати товщину екрана δ, *мм*, котрий забезпечує необхідне послаблення електромагнітних полів на даній віддалі.

$$\delta = \frac{\ln E_X}{\sqrt{\frac{\omega\mu\gamma}{2}}}, \qquad (6.18)$$

де $\omega = 2\pi f$ — кутова частота змінного струму, *рад/с*;

μ — магнітна проникність металу захисного екрана, *Г/м*;

γ — електрична провідність металу екрана, $(Ом \cdot м)^{-1}$;

E_X — ефективність екрануваня на робочому місці, що виражається з виразу

$$E_X = \frac{H_X}{H_{XE}}, \tag{6.19}$$

де H_X і H_{XE} — максимальні значення напруженості магнітної складової поля на віддалі X, $м$, від джерела відповідно без екрана і з екраном, $А/м$.

Напруженість H_X може бути визначена з виразу

$$H_X = \frac{\omega I a^2}{4X^2}\beta_m, \tag{6.20}$$

де w та a — число витків та радіус котушки, $м$;

I — сила струму в котушці, $А$;

X — відстань від джерела (котушки) до робочого місця, $м$;

β_m — коефіцієнт, що визначається співвідношенням $\frac{X}{a}$ (при $\frac{X}{a} > 10$ $\beta_m = 1$).

Якщо регламентується допустима електрична складова поля $E_Д$, магнітна складова може бути визначена з виразу

$$H_Д = 1{,}27 \cdot 10^5 \frac{E_Д}{Xf}, \tag{6.21}$$

де f — частота поля, $Гц$.

Приклад 6.1. Розрахувати ефективність екрана радіусом $R = 0{,}35$ $м$, якщо задано: $f = 6 \cdot 10^4$ $Гц$; $\mu_e = 4\pi \cdot 10^{-7}$ $Г/м$; $\gamma_e = 3{,}55 \cdot 10^7$ $(Ом \cdot м)^{-1}$; $\mu = 1$; $I = 380$ А; $w = 1{,}4$; $a = 0{,}1$ $м$; $l = 0{,}3$ $м$; $X = 0{,}8$ $м$.

Розв'язок. Визначаємо допустиму величину магнітної складової поля з врахуванням, що допустима напруженість поля $E_{П.Д.} = 5$ $В/м$ (за санітарними нормами):

$$H_{П.Д.} = 1{,}27 \cdot 10^5 \frac{E_{П.Д.}}{Xf} = 1{,}27 \cdot 10^5 \frac{5}{0{,}8 \cdot 6 \cdot 10^4} = 13{,}2 \ А/м$$

Напруженість на робочому місці при відсутності екрана

$$H_X = \frac{\omega I a^2}{4X^2} = \frac{14 \cdot 380 \cdot 0{,}1^2}{4 \cdot 0{,}8^2} = 20{,}7 \ А/м$$

Необхідна ефективність екранування на робочому місці

$$E_{X.H.} = \frac{H_X}{H_{П.Д.}} = \frac{20{,}7}{13{,}2} = 1{,}57.$$

Дійсна ефективність екранування на робочому місці

$$E_{Х.Д.} = \frac{\mathrm{Re}^{\frac{d}{\delta}}}{2\sqrt{2\delta\mu'_e}} = \frac{0,35 \cdot 0,3^{\frac{1}{0,32}}}{2\sqrt{2} \cdot 3,2 \cdot 10^{-4} \cdot 1} = 10,5,$$

де d — товщина екрана, *мм*;

δ — глибина проникнення поля в екран, *м*;

μ'_e — відносна магнітна проникність екрана ($\mu'_e = \frac{\mu_e}{\mu_0}$).

$$\delta = \frac{1}{\sqrt{\mu_e \gamma_e \omega f}} = \frac{1}{\sqrt{4\pi \cdot 10^{-7} \cdot 3,55 \cdot 10^7 \cdot 314 \cdot 6 \cdot 10^4}} = 0,32 \text{ мм}.$$

З конструктивних міркувань приймаємо $d = 1$ *мм*.

Таким чином, вибраний екран забезпечує необхідний захист на даному робочому місці, оскільки $E_{Х.Д.} > E_{Х.Н.}$ (10,5 > 1,57).

Розділ 7

ЕЛЕКТРОБЕЗПЕКА

7.1. ЗАХИСНЕ ЗАЗЕМЛЕННЯ

Захисне заземлення — це навмисне електричне з'єднання з землею або її еквівалентом металевих неструмоведучих частин, котрі можуть опинитись під напругою внаслідок порушення ізоляції електроустановки.

Призначення заземлення — перетворення замикання на корпус у замикання на землю з метою зниження напруги дотику та напруги кроку до безпечних величин (вирівнювання потенціалів).

При наявності захисного заземлення опір замкненої на корпус фази визначається, в основному, опором заземлювального пристрою $R_з$. Заземлювальний пристрій складається з металевих заземлювачів та зі з'єднувальних провідників.

За розташуванням відносно корпусів електрообладнання розрізняють два види заземлення — виносне (або зосереджене) і контурне (або розподілене). При виносному заземленні заземлювачі винесені за межі майданчика, на котрому знаходиться електрообладнання. Завдяки цьому є можливість вибрати місце з найменшим опором грунту для розташування заземлювача. Заземлені корпуси знаходяться поза полем розтікання, тобто виносне заземлення захищає лише за рахунок малого опору заземлення.

Електроди контурного заземлювального пристрою розташовуються по контуру майданчика або приміщення, на котрих знаходиться заземлюване обладнання, а також всередині майданчика або приміщення. Тут будь-яка точка поверхні грунту всередині контура має значний потенціал. Внаслідок цього різниця потенціалів між точками, які знаходяться всередині контура, знижена і сила струму через тіло людини, що торкається корпуса, менша, ніж при виносному заземленні. При виконанні контурного заземлення часом прокладають горизонтальні металеві стрічки (заземлювач у вигляді сітки), котрі додатково вирівнюють потенціали всередині контура. Всередині приміщень вирівнювання потенціалів відбувається за рахунок наявності металевих кострукцій, трубопроводів, кабелів та інших струмопровідних предметів, які зв'язані з мережею заземлення.

В будівлях прокладають магістраль заземлення вздовж стін, до котрої під'єднують паралельно заземлювані проводи від корпусів електрообладнання, котре підлягає заземленню. Послідовне включення заземлюваного обладнання не допускається.

Існують штучні заземлювачі, призначені виключно для заземлення електрообладнання, і природні струмопровідні — предмети, котрі знаходяться в землі та комунікації іншого призначення. Як штучні заземлювачі використовуються сталеві труби діаметром 35—50 *мм* та кутникова сталь (40х40—60х60 *мм*) з товщиною стінок не менше 3,5 *мм* і довжиною 2,5—3 *м*; та пруткова сталь діаметром не менше 10 *мм* довжиною до 10 *м*; сталеві шини перетином не менше 100 $мм^2$. Вертикальні заземлювачі з'єднують у контур сталевою стрічкою перетином не менше 4х12 *мм* або круглого перетину діаметром не менше 6 *мм* за допомогою зварювання.

Для з'єднання вертикальних електродів і як самостійного горизонтального електрода застосовується стрічкова сталь перетином 4х12 *мм*. При встановленні вертикальних заземлювачів попередньо риється траншея глибиною 0,7—0,8 *м*. Після цього в землю забиваються металеві труби, стержні або кутники. Верхні кінці розташованих у землі вертикальних електродів, з'єднують сталевою стрічкою за допомогою зварювання. В таких самих траншеях вкладають і горизонтальні електроди.

Як природні заземлювачі можна використовувати:

— металеві конструкції та арматуру залізобетонних конструкцій, котрі контактують з землею;

— прокладені в землі водогінні труби та свинцеві оболонки кабелів;

— обсадні труби артезіанських свердловин та колодязів.

Забороняється використовувати, як природні заземлювачі трубопроводи з пожежовибухонебезпечними рідинами і газами, алюмінієві оболонки кабелів та алюмінієві провідники.

Область застосування захисного заземлення:

— мережі до 1000 *В* змінного струму — трифазові трипроводові з ізольованою нейтраллю; однофазові двопроводові, ізольовані від землі, а також постійного струму двопроводові з ізольованою середньою точкою обмоток джерела струму;

— мережі напругою понад 1000 *В* змінного та постійного струму з будь-яким режимом нейтральної або середньої точок обмоток джерел струму.

Захисному заземленню підлягає обладнання:

— в приміщеннях з підвищеною небезпекою і в особливо небезпечних, а також у зовнішніх установках при номінальній напрузі електроустановки понад 42 *В* змінного струму і 110 *В* постійного струму;

— в приміщеннях без підвищеної небезпеки при напрузі 380 *В* і вище змінного струму і 440 *В* та вище постійного струму;

— у вибухонебезпечних приміщеннях заземлення виконується незалежно від значення напруги.

7.1.1. РОЗРАХУНОК ЗАХИСНОГО ЗАЗЕМЛЕННЯ

Мета розрахунку захисного заземлення — визначення кількості електродів заземлювача і заземлювальних провідників, їхніх розмірів і схеми розміщення в землі, при яких опір заземлюючого пристрою розтіканню струму або напруга дотику при замиканні фази на заземлені частини електроустановок не перевищують допустимих значень.

Для розрахунку використовуються такі вихідні дані:

— найменування об'єкта, що захищається;

— стаціонарність об'єкта;

— характеристика установки (тип, вид устаткування, робочі напруги, сумарна потужність генераторів або трансформаторів, що живлять дану мережу, режим нейтралі мережі, засоби її заземлення і т. п.);

— план електроустановки із зазначенням розмірів і розміщення устаткування (рис. 7.1);

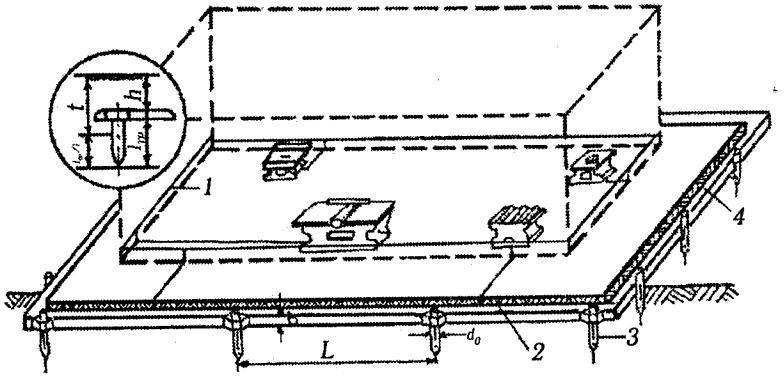


Рис. 7.1. Схема стаціонарного захисного обладнання:
1 — внутрішній контур; 2 — зовнішній контур; 3 — заземлювачі; 4 — з'єднувальна стрічка

— дані про природні заземлювачі, зокрема виміряні опори конструкцій розтіканню струму, що допускаються ПУЕ для використання як заземлювачі. Якщо виміряти опір природного заземлювача неможливо, то необхідно мати відомості про його конфігурацію, розміри, матеріали, глибину закладання в землю й інші дані, необхідні для визначення його опору розрахунковим методом;

— питомий електричний опір землі на ділянці розміщення заземлювача, отриманий безпосередньо вимірюванням і характеристика погодних умов під час вимірів. При неможливості проведення вимірів необхідно знати тип землі і ступінь її неоднорідності в залежності від глибини. Необхідно визначити ознаки кліматичної зони, у межах якої споруджується заземлювач;

— вид, форма, розміри, матеріал електродів і заземлювальних провідників, призначених для спорудження штучного заземлювального пристрою (розміри заземлювачів (стержнів): довжина стержня (труби) l (рис. 7.2), діаметр стержня (труби) d, товщина стінки труби S_m, відношення відстані між стержнями до їх довжини L/l; розміри горизонтального заземлювача (з'єднувальної стрічки): довжина $L_з$, ширина стрічки b_c, глибина закладання вертикальних заземлювачів $h_в$);

— розрахунковий струм замикання на землю для електроустановок напругою понад 1 *кВ*.

Розташування заземлювачів попередньо приймають за чотирикутним контуром при кількості стержнів від 4 до 100 або в один ряд при кількості стержнів від 2 до 20 (рис. 7.1).

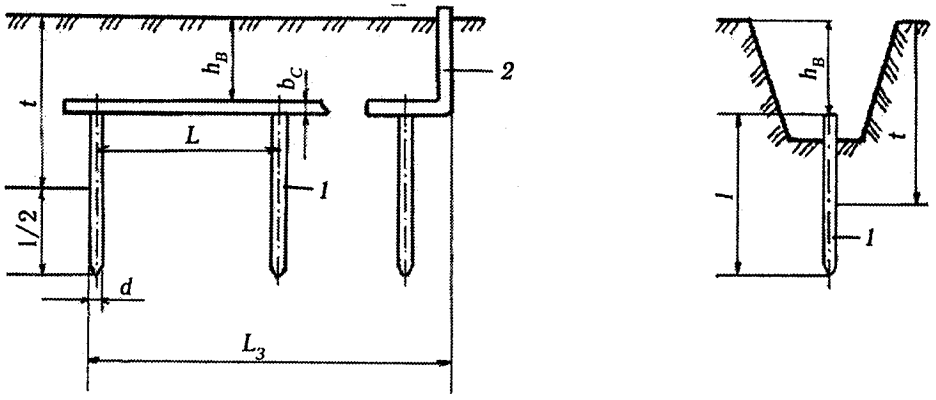


Рис. 7.2. Схема позначення розмірів для розрахунку захисного заземлення: 1 — заземлювач; 2 — з'єднувальна стрічка; h_B — глибина закладання вертикальних заземлювачів; L — відстань між заземлювачами; t — відстань від середини заземлювача до поверхні грунту; l — довжина заземлювача (стержня або труби); b_C — ширина стрічки

Послідовність розрахунку. Визначається характеристика оточуючого середовища у виробничому приміщенні.

Визначається R — допустимий опір розтікання струму в заземлювальному пристрої (табл. 7.1).

Таблиця 7.1

Найбільші допустимі значення опорів заземлювальних пристроїв в електроустановках

Характеристика установок	Найбільший допустимий опір заземлювального пристрою, *Ом*
1	2
Електроустановки напругою до 1000 *В*	
1. Захисне заземлення в установках з великими струмами замикання на землю (500 *А* та більше)	0,5
2. Захисне заземлення в установках з малими струмами замикання на землю (до 500 *А*): — без компенсації ємнісних струмів при використанні заземлювального пристрою:	
а) для електроустановок до 1000 *В*;	125 / *I*, але не більше 10 (*I* — розрахунковий опір замикання на землю, *А*)
б) лише для установок понад 1000 *В*;	250 / *I*, але не більше 10 (*I* — розрахунковий опір замикання на землю, *А*)

Продовження табл. 7.1

1	2
— з компенсацією ємнісних струмів: а) до заземлювального пристрою не приєднані апарати, котрі компенсують ємнісний струм	125/*I*, але не більше 10 (*I* — залишковий струм замикання на землю, котрий виникає при відключенні найбільш потужного з компенсуючих апаратів, але не менше 30 *А*)
б) апарати, котрі компенсують ємнісний струм	125/*I*, але не більше 10 (*I* приймають рівним 1,25 номінального струму компенсуючих апаратів)
Електроустановки напругою до 1000 *В*	
3. Установки з глухим заземленням нейтралі при лінійних напругах, *В*:	
а) генераторів або трансформаторів:	
660	2
380	4
220	8
б) повторне заземлення нульового робочого проводу повітряної лінії електропередачі (ПЛ):	
660	15
380	30
220	60
в) всі повторні заземлення нульового робочого проводу ПЛ (сумарний опір):	
660	5
380	10
220	20
4. Установки з ізольованою нейтраллю:	
а) захисне заземлення при потужності генераторів та трансформаторів 100 *кВА* і менше	10
б) те ж в інших випадках	4
в) заземлення гаків та штирів фазових проводів, встановлених на залізобетонних опорах, а також арматури цих опор	50
г) заземлення металевих відтяжок опор в мережах з ізольованою нейтраллю, закріплених нижнім кінцем на висоті менше ніж 2,5 *м* від землі	10

Визначається $\rho_{ТАБЛ.}$ — приблизне значення питомого опору грунту, яке рекомендується для розрахунку (табл. 7.2).

Визначається значення $K_{С.В.}$ — коефіцієнта сезонності для вертикальних заземлювачів за даною кліматичною зоною.

Визначається значення $K_{С.Г.}$ — коефіцієнта сезонності для горизонтального заземлювача за заданою кліматичною зоною (табл. 7.2, 7.3).

Таблиця 7.2

Приблизні значення питомих електричних опорів різних грунтів та води, *Ом · м*

Грунт, вода	Можливі межі коливань, ρ	При вологості 10—20% до маси грунту	Рекомендоване значення для приблизних розрахунків
Глина	8—70	40	40
Суглинок	40—150	100	100
Чорнозем	9—53	20	20
Торф	10—30	20	20
Садова земля	30—60	40	40
Супісок	150—400	300	300
Пісок	400—700	700	700
Кам`янистий	500—800	—	—
Скелястий	10^4—10^7	—	—
Вода:			
морська	0,2—1,0	—	1,0
річкова	10—100	—	80
водоймищ	40—50	—	50
струмкова	10—60	—	60
грунтова	20—70	—	50

Примітки: 1. Питомий електричний опір грунту є опір куба грунту з ребром 1 *м*.

2. При малому відсотку вмісту вологи в грунті можливі більші значення опорів.

3. Питомі опори грунтів коливаються протягом року, що враховують при розрахунках введенням так званих сезонних коефіцієнтів опору грунту (табл. 7.4)

Таблиця 7.3

Ознаки кліматичних зон для визначення коефіцієнтів сезонності

Характеристика кліматичної зони	Кліматичні зони СНД			
	I	II	III	IV
Середня багаторічна нижня температура (січень), °С	Від —20 до —15	Від —14 до —10	Від —10 до 0	Від 0 до +5
Середня багаторічна верхня температура (липень), °С	Від +16 до+18	Від +18 до+32	Від +22 до +24	Від +24 до +26
Середньорічна кількість опадів, *см*	40	50	50	30—50
Тривалість замерзання води, діб	190—170	150	100	0

Таблиця 7.4

Коефіцієнти сезонності $K_{С.В.}$ та $K_{С.Г.}$ для однорідної землі при вимірюванні її опору

Кліматична зона	Вологість землі при вимірюванні		
	підвищена	нормальна	мала
$K_{С.В.}$ для вертикального електрода довжиною $L_В$ = 3 *м*			
I	1,9	1,7	1,5
II	1,7	1,5	1,3
III	1,5	1,3	1,2
IV	1,3	1,1	1,0
$K_{С.В.}$ для вертикального електрода довжиною $L_В$ = 5 *м*			
I	1,5	1,4	1,3
II	1,4	1,3	1,2
III	1,3	1,2	1,1
IV	1,2	1,1	1,0
$K_{С.В.}$ для вертикального електрода довжиною $L_В$ = 10 *м*			
I	9,3	5,5	4,1
II	5,9	3,5	2,5
III	4,0	2,5	2,0
IV	2,5	1,5	1,1
$K_{С.В.}$ для вертикального електрода довжиною $L_В$ = 50 *м*			
I	7,2	4,5	3,6
II	4,8	3,0	2,4
III	3,2	2,0	1,6
IV	2,2	1,4	1,12

Визначається $\rho_{РОЗР.В.}$ — розрахунковий питомий опір грунту для вертикальних заземлювачів, *Ом · м*

$$\rho_{РОЗР.В.} = \rho_{ТАБЛ} \cdot K_{С.В.}. \qquad (7.1)$$

Визначається $\rho_{РОЗР.Г.}$ — розрахунковий опір грунту для горизонтальних заземлювачів, *Ом · м*

$$\rho_{РОЗР.Г.} = \rho_{ТАБЛ} \cdot K_{С.Г.}. \qquad (7.2)$$

Визначається t — відстань від поверхні землі до середини вертикального заземлювача (рис. 7.1, 7.2), *м*

$$t = h_В + \frac{L_В}{2}. \qquad (7.3)$$

Визначається $R_В$ — опір розтіканню струму в одному вертикальному заземлювачі, *Ом*

$$R_В = 0{,}366 \cdot \frac{\rho_{РОЗР.В.}}{L_В}\left(\lg\frac{2L_В}{d} + \frac{1}{2}\lg\frac{4t + L_В}{4t - L_В}\right). \qquad (7.4)$$

Визначається $n_{т.в.}$ — теоретична кількість вертикальних заземлювачів без врахування коефіцієнта використання η_B, шт.

$$n_{т.в.} = \frac{R_B}{R_д}. \qquad (7.5)$$

Визначається $\eta_{В.В.}$ — коефіцієнт використання вертикальних заземлювачів при використанні їх відповідно до вихідних даних або по чотирикутному контуру при кількості заземлювачів $n_{т.в.}$ та при відношенні L/l (табл. 7.5)

Таблиця 7.5

Коефіцієнт $\eta_{В.В}$ використання вертикальних електродів (труб, кутників тощо) групового заземлювача без врахування впливу з'єднувальної стрічки

Кількість заземлювачів	Відношення відстаней між електродами до їх довжини L_B/l_B при їх розташуванні					
	в ряд			по контуру		
	1	2	3	1	2	3
2	0,85	0,91	0,94	—	—	—
3	0,73	0,83	0,89	0,69	0,78	0,85
4	0,65	0,77	0,85	0,61	0,73	0,80
10	0,59	0,74	0,81	0,57	0,68	0,76
20	0,48	0,67	0,76	0,47	0,63	0,71
40	—	—	—	0,41	0,58	0,66
60	—	—	—	0,39	0,55	0,64
100	—	—	—	0,36	0,52	0,62

Визначається n_B — необхідна кількість вертикальних заземлювачів з врахуванням коефіцієнта використання, шт.

$$n_B = \frac{R_B}{R_д \cdot \eta_{В.В.}}. \qquad (7.6)$$

Визначається $R_{РОЗР.В.}$ — розрахунковий опір розтіканню струму у вертикальних заземлювачах при n_B без врахування впливу з'єднувальної стрічки, *Ом*

$$R_{РОЗР.В.} = \frac{R_B}{n_B \cdot \eta_{В.В.}}. \qquad (7.7)$$

Визначається L — відстань між вертикальними заземлювачами з відношення $L/l = 1$.

Визначається L_C — довжина з'єднувальної стрічки — горизонтального заземлювача, *м*

$$L_C = 1{,}05 \cdot L\left(n_B - 1\right). \qquad (7.8)$$

Визначається $R_Г$ — опір розтіканню струму в горизонтальному заземлювачі (з'єднувальній стрічці), *Ом*

$$R_{\Gamma} = 0{,}366 \frac{\rho_{РОЗР.Г.}}{L_C} \lg \frac{2L_C}{h_{\Gamma} b_C}. \qquad (7.9)$$

Визначається $\eta_{\Gamma.С}$ — коефіцієнт використання горизонтального заземлювача при розташуванні вертикальних заземлювачів відповідно до вихідних даних або по чотирикутному контуру при відношенні L/l та при необхідній кількості вертикальних заземлювачів n_B. За табл. 7.6 визначається $\eta_{\Gamma.С.}$. При паралельно вкладених горизонтальних заземлювачах $\eta_{\Gamma.С.}$ визначається з табл. 7.7.

Таблиця 7.6

Коефіцієнт $\eta_{\Gamma.С.}$ використання горизонтального стрічкового електрода, що з'єднує вертикальні електроди (труби, кутники тощо) групового заземлювача

Відношення відстаней між вертикальними електродами до їх довжини L_B/l_B	Кількість вертикальних електродів							
	2	4	6	10	20	40	60	100
Електроди розташовані в ряд								
1	0,85	0,77	0,72	0,62	0,42	—	—	—
2	0,94	0,80	0,84	0,75	0,56	—	—	—
3	0,96	0,92	0,88	0,82	0,68	—	—	—
Електроди розташовані по контуру								
1	—	0,45	0,40	0,34	0,27	0,22	0,20	0,19
2	—	0,55	0,48	0,40	0,32	0,29	0,27	0,23
3	—	0,70	0,64	0,56	0,45	0,39	0,36	0,33

Таблиця 7.7

Коефіцієнт використання $\eta_{\Gamma.С.}$ паралельно вкладених горизонтальних стрічкових електродів групового заземлювача (ширина стрічки B_C = 20—40 *мм*, глибина закладання h_{Γ} = 0,3—0,8, довжина кожної стрічки l_C, *м*)

Кількість паралельних стрічок, n_{Γ}	Відстань між паралельними стрічками, *м*				
	1	2,5	5,0	10,0	15,0
1	2	3	4	5	6
L_C = 15					
2	0,63	0,75	0,83	0,92	0,96
5	0,47	0,49	0,60	0,73	0,79
10	0,25	0,37	0,49	0,64	0,72
20	0,16	0,27	0,39	0,57	0,64

Продовження табл. 7.7

1	2	3	4	5	6
L_C = 25					
5	0,35	0,45	0,55	0,66	0,73
10	0,23	0,31	0,43	0,57	0,66
20	0,14	0,23	0,33	0,47	0,57
L_C = 50					
2	0,60	0,69	0,78	0,88	0,93
5	0,33	0,40	0,48	0,58	0,65
10	0,20	0,27	0,35	0,46	0,53
20	0,12	0,19	0,25	0,36	0,44
L_C = 75					
5	0,31	0,38	0,45	0,53	0,58
10	0,18	0,25	0,31	0,41	0,47
20	0,11	0,16	0,22	0,31	0,38
L_C = 100					
5	0,31	0,36	0,43	0,51	0,57
10	0,17	0,23	0,28	0,37	0,44
20	0,10	0,15	0,20	0,28	0,34
L_C = 200					
5	0,28	0,32	0,37	0,44	0,50
10	0,14	0,20	0,23	0,30	0,36
20	0,08	0,12	0,15	0,21	0,26

Визначається $R_{РОЗР.Г.}$ — розрахунковий опір розтіканню струму в горизонтальному заземлювачі (з'єднувальній стрічці) при кількості електродів $n_Г$, *Ом*

$$R_{РОЗР.Г.} = \frac{R_Г}{n_Г \cdot \eta_{Г.С.}}. \qquad (7.10)$$

Визначається $R_{РОЗР.В.}$ — розрахунковий опір, *Ом*, розтіканню струму у вертикальних та горизонтальних заземлювачах

$$R_{РОЗР.В.} = \frac{1}{\frac{1}{R_Г} + \frac{1}{R_Г}} \le R_д, \qquad (7.11)$$

або

$$R_{РОЗР.В.} = \frac{R_В \cdot R_Г}{R_В + R_Г} \le R_д. \qquad (7.12)$$

Вибирається матеріал та перетин з'єднувальних провідників і магістральної шини згідно табл. 7.8.

Таблиця 7.8

Найменші розміри заземлювальних та нульових провідників

Характеристика провідника	Розмір, що нормується	Найменший допустимий розмір залежно від матеріалу				
		мідь	алюміній	сталь		
				в приміщеннях	поза приміщеннями	в землі
Неізольовані провідники	Перетин, *мм*² Діаметр, *мм*²	4,0 —	6,0 —	— 5,0	— 6,0	— 10
Ізольовані провідники	Перетин, *мм*²	1,5	2,5	—	—	—
Заземлювальні та нульові жили кабелів та багатожильні дроти в загальній захисній оболонці з фазовими жилами	Перетин, *мм*²	1,0	2,5	—	—	—
Кутникова сталь	Товщина полиці, *мм*	—	—	2,0	2,5	4,0
Стрічкова сталь	Перетин, *мм* Товщина, *мм*	—	—	2,4 3,0	48 4,0	48 4,0
Водо-, газогінні труби (сталеві)	Товщина стінки, *мм*	—	—	2,5	2,5	3,5
Тонкостінні труби (сталеві)	Товщина стінки, *мм*	—	—	1,5	2,5	—

Приклад 7.1. Розрахунок штучного заземлювального пристрою при відсутності природних заземлювачів

Вихідні дані:

1. Захищуваний об'єкт — обладнання опоряджувального цеху.
2. Захищуваний об'єкт — стаціонарний.
3. Напруга мережі — 380 *В*.
4. Виконання мережі — з глухозаземленою нейтраллю.
5. Тип заземлювального пристрою — вертикальний (труби).
6. Розміри вертикальних заземлювачів: довжина l_B — 3 *м*; діаметр труби d — 0,04 *м*; товщина стінки труби δ_T — 3,5 *мм*.
7. Відношення відстані між трубами до їхньої довжини $\frac{L_B}{l_B} = 1$.
8. Розміри горизонтального заземлювача (з'єднувальної стрічки): довжина $L_\Gamma = L_{з.с.}$ — згідно з розрахунком, *м*; ширина стрічки b_C — 0,04 *м*.

9. Глибина закладання вертикальних заземлювачів h_B = 0,8 *м*; горизонтальних $h_Г$ = 0,8 *м*.

10. Розташування заземлювачів попередньо приймають за чотирикутним контуром при числі стержнів від 4 до 100 та в один ряд при числі стержнів від 2 до 20 (рис. 7.1, 7.2).

11. Грунт — супісок; склад — однорідний; вологість — мала; агресивність — нормальна.

12. Кліматична зона — II.

Розв'язок. 1. Визначаємо характеристику навколишнього середовища в опоряджувальному цеху: за пожежною небезпекою згідно з ПУЕ воно відноситься до класу П-II; за вибухонебезпекою згідно з ПУЕ — до класу В-I; за ступенем ураження електричним струмом — без підвищеної та особливої небезпеки.

2. Визначаємо $R_Д$ — допустиме (нормативне) значення опору розтіканню струму в заземлювальному пристрої (табл. 7.1); $R_Д \leq 4$ *Ом*.

3. Визначаємо $K_{С.В.}$ — приблизне значення питомого опору грунту, що рекомендується для розрахунку. За табл. 7.2 приймаємо $\rho_{ТАБЛ.} = 300$ *Ом · м*.

4. Визначаємо $K_{С.В.}$ — коефіцієнт сезонності для вертикальних заземлювачів для даної кліматичної зони II. За табл. 7.4. приймаємо $K_{С.В.} = 1{,}5$.

5. Визначаємо значення $K_{С.Г.}$ — коефіцієнт сезонності для горизонтального заземлювача згідно з кліматичною зоною. За табл. 7.4. приймаємо $K_{С.Г.} = 3{,}5$.

6. Визначаємо $\rho_{РОЗР.В.}$ — розрахунковий питомий опір грунту для вертикальних заземлювачів.

$$\rho_{РОЗР.В} = \rho_{ТАБЛ} \cdot K_{С.В.} = 300 \cdot 1{,}5 = 450 \text{ Ом} \cdot м$$

7. Визначаємо $\rho_{РОЗР.Г.}$ — розрахунковий питомий опір грунту для горизонтальних заземлювачів.

$$\rho_{РОЗР.Г.} = \rho_{ТАБЛ.} \cdot K_{С.Г.} = 300 \cdot 3{,}5 = 1050 \text{ Ом} \cdot м$$

8. Визначається t — відстань від поверхні землі до середини вертикального заземлювача (рис. 7.2).

$$t = h_B + \frac{l_B}{2} = 0{,}8 + \frac{3}{2} = 2{,}3 \text{ м}.$$

9. Визначається R_B — опір, *Ом*, розтіканню струму в одному вертикальному заземлювачі:

$$R_B = 0{,}366 \cdot \frac{\rho_{РОЗР.В.}}{L_B}\left(\lg\frac{2L_B}{d} + \frac{1}{2}\lg\frac{4t + L_B}{4t - L_B}\right) = 0{,}366\frac{450}{3}\left(\lg\frac{2 \cdot 3}{0{,}04} + \frac{1}{2}\lg\frac{4 \cdot 2{,}3 + 3}{4 \cdot 2{,}3 - 3}\right) = 135 \text{ Ом}$$

10. Визначається $n_{Т.В.}$ — теоретична кількість вертикальних заземлювачів без врахування коефіцієнта використання $\eta_{В.В.}$, тобто $\eta_{В.В.} = 1$.

$$n_{Т.В.} = \frac{R_B}{R_Д \cdot \eta_{В.В.}} = \frac{135}{4 \cdot 1} \approx 33$$

11. Визначають $\eta_{В.В.}$ — коефіцієнт використання вертикальних заземлювачів при розташуванні їх згідно з вихідними даними або за чотирикутним контуром при

числі заземлювачів $n_{т.в.} = 33$ та при відношенні $\frac{L_в}{l_в} = 1$. За табл. 7.5 приймаємо $\eta_{в.в.} = 0{,}42$.

12. Визначається $n_{н.в.}$ — необхідна кількість, шт., вертикальних однакових заземлювачів з врахуванням коефіцієнта використання

$$n_{н.в.} = \frac{R_в}{R_д \cdot \eta_{в.в.}} = \frac{135}{4 \cdot 0{,}42} = 80$$

13. Визначається $R_{розр.в.}$ — розрахунковий опір, *Ом*, розтіканню струму у вертикальних заземлювачах при $n_{н.в.} = 80$ без врахування з'єднувальної стрічки

$$R_{розр.в} = \frac{R_в}{n_{н.в.} \cdot \eta_{в.в}} = \frac{135}{80 \cdot 0{,}42} = 4 \cdot$$

14. Визначаємо $L_в$ — відстань між вертикальними заземлювачами за відношенням $\frac{L_в}{l_в} = 1$. Звідси $L_в = 1 \cdot l_в = 1 \cdot 3 = 3$ *м*.

15. Визначаємо $L_{з.с.}$ — довжину, *м*, з'єднувальної стрічки — горизонтального заземлювача:

$$L_{з.с.} = 1{,}05 \cdot L_в (n_{н.в.} - 1) = 1{,}05 \cdot 3 (80-1) \approx 249$$

16. Визначаємо $R_{г.з.с.}$ — опір, *Ом*, розтіканню струму в горизонтальному заземлювачі (з'єднувальній стрічці):

$$R_{г.з.с.} = 0{,}366 \frac{\rho_{розр.г.}}{L_{з.с.}} \lg \frac{2L^2_{з.с.}}{h_з b_с} = 0{,}366 \frac{1050}{249} \lg \frac{2 \cdot 249^2}{0{,}8 \cdot 0{,}04} \approx 8$$

17. Визначається $\eta_{в.г.}$ — коефіцієнт використання горизонтального заземлювача при розташуванні вертикальних заземлювачів згідно з вихідними даними або за чотирикутним контуром при відношенні $\frac{L_в}{l_в} = 1$ та необхідній кількості вертикальних заземлювачів $n_{н.в.} = 80$. За табл. 7.6. приймаємо $\eta_{в.г.} = 0{,}19$. При паралельно вкладених горизонтальних заземлювачах $\eta_{в.г.}$ визначається за табл. 7.7.

18. Визначаємо $R_{розр.г.}$ — розрахунковий опір, *Ом*, розтіканню струму в горизонтальному заземлювачі (з'єднувальній стрічці) при числі електродів $n_г = 1$:

$$R_{розр.г.} = \frac{R_{г.з.с.}}{n_г \cdot \eta_{в.г.}} = \frac{8}{1 \cdot 0{,}19} = 42$$

19. Визначаємо $R_{розр.в.г.}$ — розрахунковий теоретичний опір, *Ом*, розтіканню струму у вертикальних та горизонтальних заземлювачах

$$R_{розр.в.г.} = \frac{1}{\frac{1}{R_{розр.в.}} + \frac{1}{R_{розр.г.}}} = \frac{1}{\frac{1}{4} + \frac{1}{42}} \approx 3{,}7$$

або

$$R_{РОЗР.В.Г.} = \frac{R_{РОЗР.В.} \cdot R_{РОЗР.Г.}}{R_{РОЗР.В.} + R_{РОЗР.Г.}} = \frac{4 \cdot 42}{4 + 42} = 3,7$$

20. Вибираємо матеріал та поперечний перетин з'єднувальних провідників. За табл. 7.8 вибираємо голі мідні $S_М = 4$ *мм*^{2} або алюмінієві $S_А = 6$ *мм*^{2} провідники.

21. Вибираємо матеріал та поперечний перетин магістральної шини. За табл. 7.8 приймаємо сталеву шину товщиною $\delta_С = 4$ *мм* і перетином не менше $\sigma = 100$ *мм*^{2}.

22. Наводиться схема з'єднання обладнання з магістральною шиною та з'єднання магістральної шини з заземлювальним пристроєм (з'єднувальною стрічкою).

Приклад 7.2. Розрахунок горизонтального заземлювального пристрою.

Вихідні дані:

1. Захищуваний об'єкт — обладнання нижнього складу.
2. Захищуваний об'єкт — стаціонарний.
3. Напруга мережі $U_М = 380$ В.
4. Виконання мережі — з глухозаземленою нейтраллю.
5. Тип заземлювального пристрою — горизонтальний зі стрічкової сталі.
6. Розміри заземлювачів і довжина стрічки $R_С = 50$ *м*, ширина стрічки $b_С = 0,04$ *м*.
7. Розташування заземлювачів — паралельне.
8. Відстань між паралельними заземлювальними стрічками $L_С = 5$ *м*.
9. Глибина закладання заземлювачів $h_З = 0,8$ *м*.
10. Грунт — суглинок.
11. Характеристика грунту: склад — однорідний; вологість — нормальна; агресивність — нормальна.
12. Кліматична зона — III.
13. Природні заземлювачі відсутні.

Розв'язок. 1. Накреслити схему заземлювального пристрою з умовними позначеннями.

2. Визначають $R_Д$ — допустиме нормативне значення питомого опору, *Ом*, розтіканню струму в заземлювальному пристрої. Згідно з ПУЕ, ПТЕ та ПТБ для прийнятих вихідних даних (мережа до 1000 *В* з глухозаземленою нейтраллю) за табл. 7.1. $R_Д = 4$.

3. Визначають $\rho_{ТАБЛ.}$ — наближене значення опору грунту. За табл. 7.2 приймаємо $\rho_{ТАБЛ.} = 100$ *Ом . м*.

4. Визначають значення $K_{С.Г.}$ — коефіцієнта сезонності для грунту нормальної вологості при кліматичній зоні III для горизонтального заземлення довжиною $l_С = 50$ *м*. За табл. 7.4 приймемо $K_{С.Г.} = 2$.

5. Визначають $\rho_{РОЗР.Г.}$ — розрахунковий питомий опір, *Ом . м*, грунту для горизонтальних заземлювачів.

$$\rho_{РОЗР.Г.} = \rho_{ТАБЛ.} \cdot K_{С.Г.} = 100 \cdot 2 = 200$$

6. Визначають $R_Г$ — теоретичний опір, *Ом*, розтіканню струму в одному горизонтальному заземлювачі:

$$R_Г = 0,366\frac{\rho_{РОЗР.Г.}}{L_C}\lg\frac{2L_C}{h_з b_C} = 0,366\frac{200}{50}\lg\frac{2\cdot 50^2}{0,8\cdot 0,04} = 8,4.$$

7. Визначають $n_Г$ — теоретичну кількість горизонтальних заземлювачів без врахування $\eta_{В.Г.}$ — коефіцієнта використання, тобто приймемо $\eta_{В.Г.} = 1$.

$$n_Г = \frac{R_Г}{R_Д \cdot \eta_{В.Г.}} = \frac{8,4}{4\cdot 1} = 2,1.$$

8. Визначають $\eta_{В.Г.}$ — коефіцієнт використання паралельно вкладених горизонтальних заземлювачів при $n_Г = 2$, $l_C = 50$ *м*. За табл. 7.7 приймемо $\eta_{В.Г.} = 0,78$.

9. Визначаємо $n_{Г.Н.}$ — необхідну кількість горизонтальних заземлювачів (стрічок).

$$n_{Г.Н.} = \frac{R_Г}{R_Д \cdot \eta_{В.Г.}} = \frac{8,4}{4\cdot 0,78} = 2,7.$$

Приймаємо $n_{Г.Н.} = 3$.

10. Визначають $R_{РОЗР.Г.}$ — розрахунковий опір, *Ом*, розтіканню струму в заземлювальному пристрої при $n_{Г.Н.} = 3$ та $\eta_{В.Г.} = 0,78$:

$$R_{РОЗР.Г.} = \frac{R_Г}{n_{Г.Н.} \cdot \eta_{В.Г.}} = \frac{8,4}{3\cdot 0,78} \approx 3,6.$$

Отриманий розрахунковий опір розтіканню струму відповідає вимогам ПУЕ, ПТЕ, ПТБ.

Приклад 7.3. Розрахунок заземлювального пристрою з використанням природного заземлення.

Вихідні дані:

1. Назва об'єкта — обладнання механічного цеху.
2. Захищуваний об'єкт — стаціонарний.
3. Напруга мережі $U_М = 380$ *В*.
4. Виконання мережі — з глухозаземленою нейтраллю.
5. Природне заземлення — палі основи будівлі.
6. Виміряний опір розтіканню струму в природному заземлювачі $R_{П.З.} = 14$ *Ом*.
7. Тип додаткового штучного заземлення — вертикальний з труб.
8. Розмір заземлювачів (довжина стержнів $l_В = 3$ *м*, діаметр $d = 0,04$ *м*).
9. Розташування заземлювачів — в один ряд.
10. З'єднувальна стрічка шириною $b_C = 0,04$ *м*.
11. Грунт — суглинок.
12. Характеристика грунту: склад — однорідний; вологість — нормальна; агресивність — нормальна.
13. Кліматична зона — III.

Розв'язок. Накреслити схему природного заземлювального пристрою з умовними позначеннями.

2. Визначають $R_Д$ — допустиме (нормативне) значення опору розтіканню струму в заземлювальному пристрої (природному та штучному) згідно з ПУЕ. За табл. 7.1 $R_Д = 4$ *Ом*.

3. Визначають $R_{РОЗР.Ш.З.}$ — розрахунковий опір, *Ом*, розтіканню електроструму в штучному заземленні. При відомому (виміряному) природному опорі розтіканню струму в природному заземлювачі $R_{П.З.} = 14$ *Ом*.

$$R_{РОЗР.Ш.З.} \le \frac{R_Д \cdot R_{П.З.}}{R_{П.З.} - R_Д} = \frac{4 \cdot 14}{14-4} = 5,6$$

4. Визначають $\rho_{ТАБЛ.}$ — наближене значення питомого опору грунту, рекомендоване для розрахунку. За табл. 7.2 приймаємо $\rho_{ТАБЛ.} = 100$ *Ом · м*.

5. Визначають значення $K_{С.В.}$ — коефіцієнта сезонності для вертикальних заземлювачів довжиною $l_В = 3$ *м* за згаданою кліматичною зоною III при нормальній вологості за табл. 7.4. Приймаємо $K_{С.В.} = 1,3$.

6. Визначаємо $\rho_{РОЗР.В.}$ — розрахунковий питомий опір, *Ом · м*, грунту для вертикальних заземлювачів:

$$\rho_{РОЗР.В.} = \rho_{ТАБЛ.} \cdot K_{С.В.} = 100 \cdot 1,3 = 130$$

7. Визначають t — відстань, *м*, від поверхні землі до середини заземлювача.

$$t = h_з + \frac{l_В}{2} = 0,8 + \frac{3}{2} = 2,3$$

8. Визначають $R_В$ — опір, *Ом*, розтіканню струму в одному вертикальному заземлювачі

$$R_В = 0,366 \frac{\rho_{РОЗР.В.}}{l_В}\left(\lg\frac{2l_В}{d} + \frac{1}{2}\lg\frac{4t + l_В}{4t - l_В}\right) = 0,366\frac{130}{3}\left(\lg\frac{2 \cdot 3}{0,03} + \frac{1}{2}\lg\frac{4 \cdot 2,3 + 3}{4 \cdot 2,3 - 3}\right) \approx 39$$

9. Визначають $n_{Т.В.}$ — теоретичне число вертикальних заземлювачів без врахування $\eta_{В.В.}$ — коефіцієнта використання, тобто $\eta_{В.В.} = 1$:

$$n_{Т.В.} = \frac{R_В}{R_{РОЗР.Ш.З.} \cdot \eta_{В.В.}} = \frac{39}{5,6 \cdot 1} = 7$$

10. Визначають $\eta_{В.В.}$ — коефіцієнт використання вертикальних заземлювачів при розташуванні заземлювачів у один ряд, числі заземлювачів $n_{Т.В.} = 7$ та при відношенні $\frac{L_В}{l_В} = 1$. За табл. 7.5 приймаємо $\eta_{В.В.} = 0,65$.

11. Визначають $n_{Н.В.}$ — необхідну кількість вертикальних однакових заземлювачів (стержнів) з врахуванням $\eta_{В.В.}$.

$$n_{Н.В.} = \frac{R_В}{R_{РОЗР.Ш.З.} \cdot \eta_{В.З.}} = \frac{39}{5,6 \cdot 0,65} = 10,7$$

Приймаємо $n_{Н.В.}$ рівним 11 стержням.

12. Визначають $R_{РОЗР.В.}$ — розрахунковий опір, *Ом*, розтіканню струму у вертикальних заземлювачах при $n_{Н.В.} = 11$ без врахування горизонтального заземлювача (з'єднувальної стрічки)

$$R_{РОЗР.В.} = \frac{R_В}{n_{Н.В.} \cdot \eta_{В.В.}} = \frac{39}{11 \cdot 0,65} = 5,4$$

13. Визначають $L_В$ — відстань між вертикальними заземлювачами за відношенням $\frac{L_В}{l_В} = 1$, звідси $L_В = 1 \cdot l_В = 3$ *м*.

14. Визначають $L_{З.С.}$ — довжину, *м*, з'єднувальної стрічки — горизонтального заземлювача:

$$L_{З.С.} = 1,05 \cdot L_В \left(n_{Н.В.} - 1\right) = 1,05 \cdot 3\left(11 - 1\right) = 31,5$$

15. Визначають значення $K_{С.Г.}$ — коефіцієнта сезонності для горизонтального заземлювача, що з'єднує вертикальні заземлювачі та природний заземлювач при довжині $L_{З.С.} = 31,5$ *м* при нормальній вологості грунту для кліматичної зони III. За табл. 7.4 приймаємо $K_{С.Г.} = 2$.

16. Визначають $\rho_{РОЗР.Г.}$ — розрахунковий питомий опір, *Ом . м*, грунту для горизонтального заземлювача:

$$\rho_{РОЗР.Г.} = \rho_{ТАБЛ.} \cdot K_{С.Г.} = 100 \,.\, 2 = 200$$

17. Визначають $R_Г$ — опір розтіканню струму, *Ом*, в горизонтальному заземлювачі (з'єднувальній стрічці):

$$R_Г = 0,366 \frac{\rho_{РОЗР.Г.}}{L_{З.С.}} \lg \frac{2L_{З.С.}^2}{h_З \cdot b_С} = 0,366 \frac{200}{31,5} \lg \frac{2 \cdot 31,5^2}{0,8 \cdot 0,04} = 13$$

18. Визначаємо $\eta_{В.Г.}$ — коефіцієнт використання горизонтального заземлювача при розташуванні вертикальних заземлювачів згідно з вихідними даними (в один ряд) при відношенні $\frac{L_В}{l_В} = 1$ і необхідній кількості заземлювачів $n_{Н.В.} = 11$. За табл. 7.6 приймаємо $\eta_{В.Г.} = 0,62$.

19. Визначають опір, *Ом*, розтіканню струму в горизонтальному заземлювачі

$$R_{РОЗР.Г.} = \frac{R_Г}{n_Г \cdot \eta_{В.Г.}} = \frac{13}{1 \cdot 0,62} = 20$$

$$R_{РОЗР.В.Г.} = \frac{1}{\frac{1}{R_{РОЗР.В.}} + \frac{1}{R_{РОЗР.Г.}}} = \frac{1}{\frac{1}{5,4} + \frac{1}{20}} = 4,3$$

або $R_{РОЗР.В.Г.} = \frac{R_{РОЗР.В.} \cdot R_{РОЗР.Г.}}{R_{РОЗР.В.} + R_{РОЗР.Г.}} = \frac{5,4 \cdot 20}{5,4 + 20} = \frac{108}{25,4} = 4,3$

20. Визначають $R_{ЗАГ.П.Ш.}$ — загальний опір, *Ом*, розтіканню струму в штучному та природному заземлювачах

$$R_{ЗАГ.П.Ш.} = \frac{1}{\frac{1}{R_{П.З.}} + \frac{1}{R_{РОЗР.В.Г.}}} = \frac{1}{\frac{1}{14} + \frac{1}{4,2}} = 3,3$$

$$R_{ЗАГ.П.Ш.} = \frac{R_{П.З.} \cdot R_{РОЗР.В.Г.}}{R_{П.З.} + R_{РОЗР.В.Г.}} = \frac{14 \cdot 4,2}{14 + 4,2} = 3,3$$

Отримане загальне розрахункове значення опору розтіканню струму в природному та штучному заземлювачах відповідає вимогам ПУЕ, ПТЕ та ПТБ.

7.2. РОЗРАХУНОК ЗАНУЛЕННЯ

Захисне занулення в електроустановках полягає в приєднанні до багаторазового заземленого нульового проводу електричної мережі корпусів та інших конструктивних металевих частин електрообладнання, котрі не знаходяться під напругою, але внаслідок пошкодження ізоляції можуть опинитися під нею (рис. 7.3).

Призначення занулення — усунення небезпеки ураження електричним струмом при порушенні ізоляції і появі на корпусах обладнання небезпечної напруги.

Принцип дії занулення — перетворення пробивання на корпус в одноразове коротке замикання, тобто замикання між фазовим та нульовим проводами з метою створення струму, здатного забезпечити спрацювання захисту і завдяки цьому автоматично від'єднати пошкоджену установку від живлячої електромережі.

При пробиванні на корпус у колі короткого замикання виникає великий струм короткого замикання $I_{К.З.}$, котрий забезпечує швидке перегорання плавких вставок протягом 5—7 сек. або відключення пошкоджених фаз автоматичними пристроями, котрі реагують на струм короткого замикання за 1—2 сек. Протягом часу, котрий залежить від швидкості спрацювання захисту, людина, що торкається пошкодженого обладнання, опиняється під фазовою напругою. Якщо захисне занулення не спрацьовує протягом визначеного часу, то людина може бути уражена електричним струмом.

Захисне занулення застосовують у трифазових чотирипроводових мережах напругою до 1000 *В* з глухозаземленою нейтраллю. Схема занулення вимагає наявності в мережі нульового провода, заземлення нейтралі джерела струму та повторного заземлення нульового проводу.

Призначення нульового провода — створення для струму короткого замикання ланки з малим опором з метою швидкого вимкнення пошкодженої установки від мережі.

Для надійного спрацювання захисту повинна виконуватись умова при використанні плавких вставок:

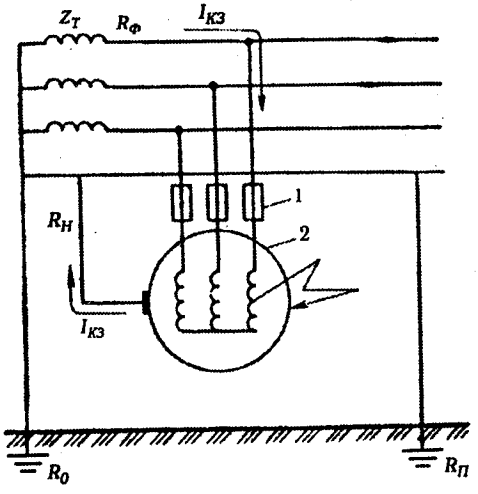


Рис. 7.3. Принципова схема занулення:
R_0 — заземлення нульової точки трансформатора; Z_T — опір обмотки трансформатора; $R_Н$ — опір нульового провода; 1 — плавкі вставки; 2 — електродвигун; $I_{КЗ}$ — струм короткого замикання; $R_Ф$ — опір фазового провода; $R_П$ — повторне заземлення нульового провода

$$I_{К.З.} \geq 3 \cdot I^{Н}_{ПЛ.ВСТ.}, \tag{7.13}$$

де $I^{Н}_{ПЛ.ВСТ.}$ — номінальний струм плавкої вставки.

У випадку використання автоматичного пристрою, котрий реагує на струм короткого замикання

$$I_{К.З.} \geq 1{,}25 \cdot I^{Н}_{АВТ.} \tag{7.14}$$

де $I^{Н}_{АВТ.}$ — номінальний струм спрацювання автомата.

Плавкі вставки вибираються за величиною пускового струму електродвигуна з врахуванням режиму його роботи:

$$I^{Н}_{ПЛ.ВСТ.} = \frac{I^{ПУС}_{ЕЛ.ДВ.}}{\alpha}, \tag{7.15}$$

де $I^{ПУС}_{ЕЛ.ДВ.}$ — пусковий струм електродвигуна;

α — коефіцієнт режиму роботи. Для асинхронних двигунів α = 1,6—2,5.

$$I^{ПУС}_{ЕЛ.ДВ.} = I^{Н} \cdot \beta , \tag{7.16}$$

де $I_{Н}$ — номінальний робочий струм електродвигуна;

β — коефіцієнт перевантаження, що приймається за каталогом для електродвигунів, β = 5—7.

Приклад 7.4. Розрахувати систему захисного заземлення при потужності трансформатора 700 *кВА*. З'єднання обмоток трансформатора — зіркою. Електродвигун асинхронний серії 4*А*. U = 380 *В*, n = 3000 хв.$^{-1}$, тип 4А132М2.

Перевіряємо умови забезпечення вимикальної спроможності занулення:

$$I_{К.З.} \geq 3 \cdot I^{Н}_{ПЛ.ВСТ.};$$

$$I_{К.З.} = \frac{U_{Ф}}{\frac{Z_{Т}}{3} + Z_{П}}, \tag{7.17}$$

де $U_{Ф}$ — фазова напруга, *В*;

$Z_{Т}$ — опір трансформатора, *Ом*;

$Z_{П}$ — опір петлі фаза—нуль, котрий визначається за залежністю

$$Z_{П} = \sqrt{\left(R_{Ф} + R_{Н}\right)^2 + \left(X_{Ф} + X_{Н} + X_{І}\right)^2}, \tag{7.18}$$

де $R_{Н}$, $R_{Ф}$ — активні опори фазового та нульового провідників, *Ом*;

$X_{Н}$, $X_{Ф}$ — внутрішні індуктивні опори фазового та нульового провідників, *Ом*;

$X_{І}$ — зовнішній індуктивний опір петлі фаза—нуль, *Ом*.

Значення опору трансформатора $Z_{Т}$ вибирається з табл. 7.9.

Визначаємо номінальний струм електродвигуна

$$I^{Н}_{ЕЛ.ДВ.} = \frac{1000 \cdot P}{\sqrt{3} U_{Н} \cos\alpha}, \tag{7.19}$$

де P — номінальна потужність двигуна, *кВт*;

$U_{Н}$ — номінальна напруга, *В*;

cosα — коефіцієнт потужності.

$$I^{Н}_{ЕЛ.ДВ.} = \frac{1000 \cdot 10}{\sqrt{3} \cdot 380 \cdot 0,9} = 17,1 \ A$$

Для розрахунку активних опорів $R_{Ф}$ та $R_{Н}$ вибираємо перетин, довжину, матеріал нульового та фазового провідників. Опір провідників, виготовлених з кольорових металів, можна визначити за формулою

$$R = \frac{\rho \cdot l}{S}, \tag{7.20}$$

де ρ — питомий опір провідника; для міді ρ = 0,018, для алюмінія ρ = 0,028 $Ом \cdot мм^2 / м$;

l — довжина провідника, $м$;

S — площа поперечного перетину провідника, $мм^2$.

Таблиця 7.9

Розрахункові повні опори $Z_т$, $Ом$, масляних трансформаторів

Потужність трансформатора, $кВА$	$Z_т$, при схемі з'єднання обмоток	
	зіркою $\curlywedge$	трикутником Δ
25	3,11	0,906
40	1,949	0,562
63	1,237	0,36
100	0,799	0,226
160	0,487	0,141
250	0,312	0,09
400	0,195	0,056
630	0,129	0,042
1000	0,081	0,027

Примітка: Номінальна напруга обмоток — 6—10 $кВ$.

Значеннями $X_ф$ та $X_н$ можна знехтувати з огляду на їхню незначну величину. Активний та індуктивний опори провідників визначаються за табл. 7.10.

Перш за все необхідно задатися довжиною провідника та профілем перетину і визначити очікуване значення струму короткого замикання. Значення зовнішнього індуктивного опору петлі фаза—нуль для практичних розрахунків береться рівним 0,6 $Ом / км$.

Основні технічні характеристики електродвигуна вибираються за табл. 7.11.

$N = 10\ кВт$, $\cos\alpha = 0{,}9$, $I^{пус}_{ел.дв.} / I_н = 7{,}5$.

Таблиця 7.10

Активні r та індуктивні Xw опори сталевих провідників при змінному струмі (50 $Гц$)

Розмір або діаметр, $мм$	Площа поперечного перетину, $мм^2$	Активні/індуктивні опори, $Ом/км$, при щільності струму, $А/мм^2$			
		0,5	1	1,5	2
1	2	3	4	5	6
Стрічка прямокутного перетину					
20x4	80	5,24/3,14	4,2/2,52	3,48/2,09	2,97/1,78
30x4	120	3,66/2,2	2,91/2,75	2,38/1,43	2,04/1,22
40x4	160	2,8/1,68	2,24/1,34	1,81/1,08	1,54/0,92
50x4	200	1,77/1,06	1,34/0,8	1,08/0,65	—
60x4	240	3,83/2,03	2,56/1,54	2,08/1,25	—
30x5	150	2,1/1,26	1,6/0,96	1,28/0,77	—
50x5	250	2,02/1,33	1,51/0,89	1,15/0,7	—

Продовження табл. 7.10

1	2	3	4	5	6
Провідник круглого перетину					
5	19,63	17/10,2	14,4/8,65	12,4/7,45	10,7/6,4
6	28,27	13,7/8,2	11,2/6,7	9,4/5,65	8/4,8
8	50,27	9,6/5,75	7,5/4,5	6,4/3,84	5,3/3,2
10	78,54	7,2/4,32	5,4/3,24	4,2/2,52	—
12	113,1	5,6/3,36	4/2,4	—	—
14	150,9	4,55/2,73	3,2/1,92	—	—
16	201,1	3,72/2,23	2,7/1,6	—	—

Таблиця 7.11

Закриті обдувні електродвигуни єдиної серії А4 (основне виконання)

Тип	Потужність, *кВт*	$\cos\alpha$	$I^{пус}/I^{н}$
4A71B2	1,1	0,87	5,5
4A80A2	1,5	0,85	6,5
4A80B2	2,2	0,87	6,5
4A90L2	3	0,88	6,5
4A1002	4	0,89	6,5
4A100L2	5,5	0,89	7,5
4A112M2	7,5	0,88	7,5
4A132M2	10	0,9	7,5
4A1602	15	0,91	7,5
4A160M2	18,5	0,92	7,5
4A180S2	22	0,91	7,5
4A200M2	30	0,9	7,5
4A220L2	37	0,89	7,5
4A225M2	45	0,9	7,5

Примітка. Частота обертання двигунів — 3000 хв.$^{-1}$.

Пусковий струм двигуна

$$I^{пус}_{ел.дв.} = 7,5 \cdot 17,1 = 128,2 \ A$$

Розраховуємо номінальний струм плавкої вставки

$$I^{н}_{пл.вст.} = \frac{I^{пус}_{ел.дв.}}{\alpha} = \frac{128,2}{2} = 64,1 \ A,$$

де α — коефіцієнт режиму роботи електродвигуна. Для двигунів з частим ввімкненням α = 1,6—1,8; для двигунів з нечастими пусками α = 2—2,5.

Визначаємо очікуване значення струму короткого замикання

$$I_{к.з.} \geq 3 \cdot I^{н}_{пл.вст.} = 3 \cdot 64,1 = 192,3 \ A$$

Вибираємо стандартне значення перетину нульового проводу 4х10 *мм* і розраховуємо густину струму δ:

$$\delta = \frac{I_{к.з.}}{S} = \frac{192,3}{4 \cdot 40} = 1,6 \ А/мм^2$$

За табл. 7.10 знаходимо активні та індуктивні опори сталевих провідників.

Для цього задаємось перетином і довжиною нульового $l_н$ і фазового $l_ф$ сталевих провідників: $l_н = 50$ *м*, перетин 4х40 *мм*; $S = 160$ *мм*^{2}; $l_ф = 100$ *м*; перетин $Ф = 8$ *мм*; $S = 50,27$ *мм*^{2}.

Перетин нульового провідника та його матеріал вибираються при умові, щоб повна провідність нульового провідника була не меншою, ніж 50% повної провідності фазового проводу:

$$\frac{1}{(R_н + X_н)} \geq \frac{R_ф + X_ф}{2} \qquad (7.21)$$

Активний опір фазового провода береться з табл. 7.10 в залежності від площі перетину та густини струму:

$$R_ф = r \cdot l_ф = 6,4 \cdot 0,1 = 0,64 \ Ом$$

Аналогічно визначаємо активний опір нульового проводу:

$$R_н = r \cdot l_н = 1,81 \cdot 0,05 = 0,09 \ Ом$$

Визначаємо внутрішні індуктивні опори фазового та нульового провідників $X_ф$ та $X_н$:

$$X_ф = X_ω \cdot l_ф = 3,84 \cdot 0,1 = 0,38 \ Ом;$$

$$X_н = X_ω \cdot l_н = 1,08 \cdot 0,05 = 0,054 \ Ом;$$

де $X_ω$ — індуктивний опір провідників, *Ом* (табл. 7.10);

l — довжина провідника, *км*.

Зовнішній індуктивний опір петлі фаза—нуль $X_1 = 0,6$ *Ом/км*.

Загальна довжина петлі фаза—нуль — $1,5 \cdot 100 = 150$ *м* $= 0,15$ *км*.

Тоді $X_1 = 0,6 \cdot 0,15 = 0,09$ *Ом*

На підставі отриманих даних розраховуємо $Z_п$ і визначаємо значення струму короткого замикання

$$Z_п = \sqrt{(R_ф + R_н)^2 + (X_ф + X_н + X_1)^2} = \sqrt{(0,64 + 0,09)^2 + (0,38 + 0,054 + 0,09)^2} = 0,778 \ Ом$$

$$I_{к.з.} = \frac{U_ф}{\frac{Z_т}{3} + Z_п} = \frac{380}{\frac{0,129}{3} + 0,778} = 462 \ А$$

Виконуємо перевірку умови надійного спрацювання захисту

$$I_{к.з.} \geq 3 \cdot I^н_{пл.вст.}; \ 462 > 3 \cdot 64,1 \ А$$

Струм $I_{к.з.}$ більш ніж у три рази перевищує величину струму плавкої вставки, тому при замиканні на корпус плавка вставка перегорить протягом 5—7 сек. Завдяки цьому відбудеться вимикання пошкодженої фази.

За значенням номінального струму за табл. 7.12 вибираємо плавку вставку серії ПН2-100 з номінальним струмом 80 *А* при напрузі мережі 380 *В*.

Таблиця 7.12

Значення $I^{н}_{пл.вст.}$ стандартних запобіжників для мереж напругою 220 *В* та 380 *В*

Тип запобіжника	Номінальний струм плавкої вставки $I^{н}_{пл.вст.}$, *А*
НПИ 15	6; 10; 15
НПН60М	20; 25; 35; 45; 60
ПН2-100	30; 40; 50; 60; 80; 100
ПН2-250	80; 100; 120; 150; 200; 250
ПН2-400	200; 250; 300; 350; 400
ПН2-600	300; 400; 500; 600
ПН2-1000	500; 600; 750; 800; 1000

7.3. ЗАХИСТ ВІД АТМОСФЕРНОЇ ЕЛЕКТРИКИ. ВИЗНАЧЕННЯ КАТЕГОРІЇ ТА ТИПУ ЗОНИ БЛИСКАВКОЗАХИСТУ

Блискавка — це велетенський іскровий розряд атмосферної електрики між хмарами і землею. Найчастіше виникають та завдають шкоди лінійні блискавки. Струм лінійної блискавки зумовлює електромагнітну, теплову та механічну дію на об'єкт, через який проходить розряд електрики, що може призвести до аварій та пожеж. Статистичні дані щодо шкоди, що завдається блискавками, та висока інтенсивність грозової діяльності зумовлюють необхідність застосування блискавкозахисту будівель та споруд.

Блискавкозахистом обладнуються всі будівлі і споруди за виключенням об'єктів, які пов'язані з виробництвом, застосуванням або зберіганням вибухових речовин.

Будівлі і споруди залежно від їх призначення, інтенсивності грозової діяльності та від очікуваної кількості уражень блискавкою за рік захищаються згідно з категоріями пристроїв блискавкозахисту і типу зони захисту (табл. 7.13).

Згідно з ОНТП 24-86 всі приміщення і будинки поділяються на 5 категорій за вибухопожежною та пожежною небезпекою.

Згідно зі СНиП 2.09.02-85 будівлі, споруди, а також їх частини, які виділені протипожежними стінами (пожежні відсіки), поділяються за ступенями вогнестійкості, що визначаються межами вогнестійкості будівельних конструкцій та межами поширення по них вогню. Всього є 5 (I—V) основних ступенів та 3 додаткові (IIIа, IIIб, IVа).

Середньорічна грозова діяльність у годинах визначається за даними місцевої метеорологічної станції або за табл. 7.14.

Очікуване середньорічне число ударів блискавки в 1 $км^2$ земної поверхні n залежно від інтенсивності грозової діяльності K подано в табл. 7.15.

Об'єкти, що відносяться за влаштуванням блискавкозахисту до I і II категорій, захищаються від прямих ударів блискавок, електростатичної і електромагнітної індукції та занесення високих потенціалів через наземні та підземні комунікації. Об'єкти III категорії блискавкозахисту захищаються від прямих ударів блискавок і занесення високих потенціалів через наземні та надземні металеві комунікації.

Для будівель складної конфігурації при розрахунку N величини S і L розглядаються як ширина і довжина найменшого прямокутника, в який вписується будинок у плані.

Зовнішні установки, віднесені за влаштуванням блискавкозахисту до II категорії, захищаються від прямих ударів блискавок та вторинних їх проявів, а віднесені до III категорії — тільки від прямих ударів блискавок.

Таблиця 7.13

Категорії пристроїв блискавкозахисту та типи зон захисту

Класи будівель та споруд за ПУЕ	Місце розташування	Тип зони захисту	Категорія пристроїв захисту
1. В-I, В-II	на всій території України	зона А	I
2. В-Iб, В-Iа	при $K \geq 10$	при $N < 1$ — зона Б	II
3. Зовнішні об'єкти класу В-Iг	на всій території України	зона Б	II
4. П-I, П-II, П-IIа	при $K \geq 20$	для будівель та споруд I та II ступенів вогнестійкості при $0,1 < N < 2$ і для III, IV та V ступенів вогнестійкості при $0,02 < N < 2$ — зона Б; при $N > 2$ — зона А	III
5. Зовнішні об'єкти класів II та III	при $K \geq 20$	при $0,1 < N < 2$ — зона Б при $N > 2$ — зона А	III
6. Об'єкти III—V ступенів вогнестійкості, котрі за ПУЕ не класифікуються	при $K \geq 20$	при $0,1 < N < 2$ — зона Б при $N > 2$ — зона А	III
7. Труби, щогли, вежі висотою понад 15 *м*	при $K \geq 20$	зона Б	III
8. Окремо розташовані будівлі висотою понад 30 *м*, віддалені від інших будівель більше, ніж на 400 *м*	при $K \geq 20$	зона Б	III

Примітка: K — середня грозова діяльність у годинах за рік; N — очікувана кількість уражень блискавкою за рік будівель та споруд, котрі не обладнані блискавкозахистом $N=(S+6h)(L+6h)-7,7h^2n\ 10^{-6}$; для башт, вишок, димових труб $N = 9ph^2n10^{-6}$, де S і L — відповідно ширина і довжина будівлі, що має в плані прямокутну форму, *м*; h — найбільша висота будівлі (споруди), *м*; n — середньорічне число ударів блискавки в 1 $км^2$ земної поверхні в місці розташування будівлі (табл. 7.15).

Таблиця 7.14

Середньорічна грозова діяльність

Області	Середньорічна грозова діяльність
1. Республіка Крим	40—60
2. Закарпатська, Запорізька, Донецька	80—100
3. Інші області України	60—80

Таблиця 7.15

Очікуване середньорічне число ударів блискавки в 1 $км^2$ земної поверхні n в залежності від інтенсивності грозової діяльності K

Інтенсивність грозової діяльності K	Очікуване середньорічне число ударів блискавки n
10—20	1
20—40	2
40—60	4
60—80	5,5
80—100	7,0
100 і більше	8,5

Для будівель і споруд, які мають приміщення, що потребують влаштування блискавкозахисту всієї будівлі або споруди I і II або I і III категорій, рекомендується блискавкозахист всієї будівлі або споруди виконувати у відповідності з вимогами, що ставляться до I категорії.

Якщо площа приміщень, які вимагають захисту I категорії, складає менше ніж 30% всієї площі одноповерхової будівлі (або площі верхнього поверху), блискавкозахист всієї будівлі може бути виконаний у відповідності з II категорією.

Для будівель і споруд, які мають приміщення, що потребують блискавкозахисту II і III категорії, рекомендується блискавкозахист всієї будівлі або споруди згідно з вимогами, що ставляться до блискавкозахисту II категорії.

Коли площа приміщень, які вимагають захисту II категорії, складає менше ніж 30% всієї площі одноповерхової будівлі (або площі верхнього поверху), блискавкозахист всієї будівлі може бути виконаний за III категорією, але при цьому потрібно передбачити захист від занесення високого потенціалу в приміщення II категорії по всіх комунікаціях у відповідності з вимогами, які встановлені для споруд II категорії.

Для будівель та споруд, в яких більше ніж 70% площі займають приміщення, що не вимагають блискавкозахисту згідно з табл. 7.13, а іншу частину складають приміщення I, II або III категорій блискавкозахисту, потрібний захист лише від занесення високих потенціалів по металевих комунікаціях, влаштування якого потрібно виконувати з врахуванням категорії блискавкозахисту.

Для різних частин будівель і споруд блискавкозахист I, II або III категорії можна вибрати за табл. 7.13.

При виконанні блискавкозахисту з метою підвищення безпеки людей і тварин заземлювачі потрібно розміщувати в малолюдних місцях, на віддалі не менше 5 $м$ від

доріг, під асфальтовим покриттям або встановлювати попереджувальні плакати. Для зниження небезпеки крокової напруги рекомендується застосовувати заглиблені заземлювачі. Струмоводи треба розташовувати в місцях, які виключають випадковий дотик до них.

7.4. ВЛАШТУВАННЯ БЛИСКАВКОЗАХИСТУ

Захист від прямих ударів блискавок та вторинного прояву атмосферної електрики забезпечується:

— влаштуванням блискавковідводів;

— влаштуванням металевих заземлених сіток на відкритих предметах;

— заземленням обладнання, що знаходиться всередині будівлі (споруди);

— утворенням замкнених контурів поміж близько розташованими трубопроводами та іншими металевими предметами, розташованими поруч, а також заземленням металевих комунікацій перед їх введенням у споруду.

Захист будівель та споруд від прямих ударів блискавок виконується окремо розташованими стержневими або тросовими блискавковідводами, які встановлюються на спорудах, що підлягають захисту.

Вибір типу блискавковідводів залежить від розмірів у плані, висоти та форми споруди. Для об'єктів з блискавкозахистом I категорії блискавковідводи на спорудах не встановлюються, а стержневий блискавковідвід у цьому випадку повинен мати діелектричний стояк (частину його) висотою не менше 8 *м* над спорудою при опорі заземлення не більше $R = 10$ *Ом*. Віддаль струмовода від споруди повинна бути не менше 8 *м*. Допустима віддаль від стержневого блискавковідвода або від тросового стояка до споруди, яка захищається, при $R = 10$ *Ом* приймається не менше 4 *м*. При цьому ж висота троса над спорудою приймається в межах 3—7 *м* (при висоті тросового стояка від 65 до 150 *м* відповідно). Слід також врахувати і прогин троса.

Для блискавкозахисту III категорії R приймається не більше 20 *Ом*.

Захист від прямого удару блискавки будівель та споруд, які за влаштуванням блискавкозахисту відносяться до II та III категорій, може бути вирішений як такий, що стоїть окремо, або неізольованими стрижневими та тросовими блискавковідводами, що встановлюються на будівлях (віддаль від них до будівлі не нормується), а також шляхом заземлення металевої покрівлі, або влаштуванням блискавкоприймача з металевої сітки зі стального дроту діаметром 6—8 *мм* (з чарункою 6х6 *м* та 12х12 *м* для II і III категорії відповідно). Сітка кладеться на діелектричну покрівлю, або під її гідроізоляцію (утеплювач). Струмоводи, які з'єднують струмоприймальну сітку або метал покрівлі з заземлювачами, повинні бути покладені не рідше, ніж через 25 *м* по периметру будівлі. Як струмоводи слід використовувати металеві конструкції будівель та споруд (колони, ферми тощо). В будь-якому випадку рекомендується об'єднувати заземлювачі захисного заземлення електропристроїв з захистом від прямого удару блискавок та від електростатичної індукції.

Захист від електростатичної індукції здійснюється шляхом заземлення металевих корпусів обладнання та апаратів, встановлених у будівлі, що захищається, і металевих

конструкцій. З цією метою використовується захисне заземлення електрообладнання. Захист від електростатичної індукції забезпечують також заземлена металева покрівля та сітка для приймання блискавки на даху споруди (будівлі).

Захист від електромагнітної індукції виконується утворенням замкнених контурів шляхом влаштування металевих перемичок між трубопроводами та іншими металевими предметами в місцях їх взаємного зближення на віддалі 10 *см* та менше через кожні 20—25 *м*. Електричний опір кожної перемички (контакту) не повинен перевищувати 0,03 *Ом*.

Захист від занесення високих потенціалів по металевих комунікаціях та конструкціях забезпечується приєднанням їх перед введенням у споруду, яка захищається, до заземлювачів.

7.5. КОНСТРУКТИВНІ ОСОБЛИВОСТІ БЛИСКАВКОВІДВОДІВ

Блискавковідводи складаються з опори, блискавкоприймача, струмовідводу та заземлювача. З'єднання блискавкоприймачів з струмовідводами, окремих частин струмовідводів і струмовідводів з заземлювачами повинні виконуватися за допомогою зварювання і, як виняток, для об'єктів з блискавкозахистом III категорії — болтами. З'єднання сталевої покрівлі та струмоприймальної сітки з струмовідводами виконується спеціальними затискачами.

Опори стержневих блискавковідводів розраховуються на міцність як вільно стоячі конструкції, а в тросових — з врахуванням натягу троса та вітрового навантаження на трос. Опори можна виконувати зі сталі, залізобетону та дерева. Як опори блискавковідводів допускається використовувати стовбури дерев, які ростуть на віддалі більше ніж 5 *м* від будівлі, що захищається, а також самі споруди.

Блискавкоприймачі встановлюють зі сталі будь-якої марки різного профілю, перетином не менше 100 *мм*^{2} та довжиною не менше 200 *мм*.

Запобігання корозії блискавкоприймачів досягається шляхом оцинкування, лудіння або фарбування. Як блискавкоприймачі можуть бути використані металеві конструкції, що знаходяться над будівлями (труби, дефлектори, покрівля, сітка тощо).

Блискавкоприймачі тросових блискавковідводів виконуються з сталевого багатодротового оцинкованого троса перетином не менше 35 *мм*^{2}.

Струмоводи виготовляються зі сталі круглого (діаметром 6 *мм*) і прямокутного (4х12 *мм*) перетину. Допускається використовувати металеві конструкції (напрямні ліфтів, поздовжню арматуру залізобетонних колон, пожежні драбини тощо). З'єднання струмоводів здійснюється за допомогою болтів з перехідним опором не більше 0,05 *Ом*.

Заземлювачі виконуються:

— заглиблені — зі стрічкової або круглої сталі, вкладені на дно котлованів у вигляді протяжних елементів або контурів по периметру фундаментів на глибині не менше 0,6—0,8 *м*.

— вертикальні — загвинчені стрижні з круглої сталі (довжина 2—5 *м*, діаметр — 10—20 *мм*) або забиті електроди з кутникової сталі (довжина 2—3 *м*, кутник 40х40 *мм*); верхній кінець вертикального заземлювача повинен бути заглиблений від поверхні землі на 0,6—0,7 *м*;

— горизонтальні — з круглої або штабової сталі (перетином не менше 160 *мм*) довжиною від 2 до 40 *м*, які укладені горизонтально на глибині 0,6—0,8 *м* від поверхні землі одним або кількома променями; ці заземлювачі використовуються і для зв'язку між собою електродів вертикальних заземлювачів;

— комбіновані — вертикальні та горизонтальні, об'єднані в загальну систему.

Переріз елементів заземлювачів приймається: круглих — діаметром 10—20 *мм*, прямокутних — 160 *мм*^{2} (товщиною 4 *мм*); з кутникової сталі — 160 *мм*^{2} (товщиною 4 *мм*); зі стальних труб з товщиною стінки 3,5 *мм*.

7.6. РОЗРАХУНОК ЗОН ЗАХИСТУ БЛИСКАВКОВІДВОДІВ

Зона захисту одинарного стержневого блискавковідводу являє собою конус (рис. 7.4) висотою $h_o < h$ з радіусом основи r_o, де $h < 150$ — висота блискавковідводу (з врахуванням бликавкоприймача); r_x — радіус кола зони захисту на висоті споруди h_x, що захищається.

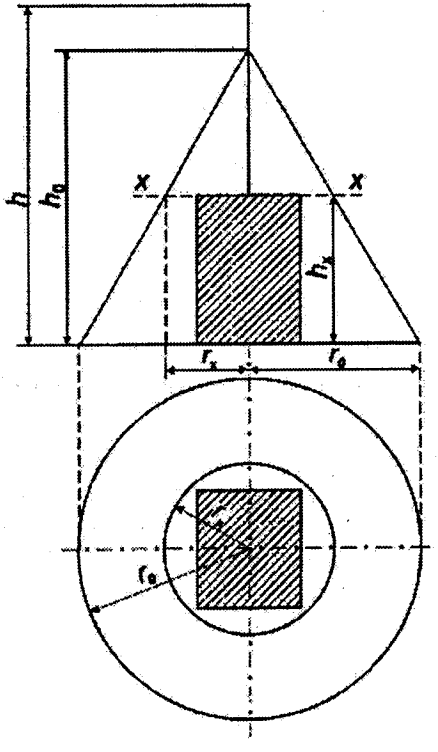


Рис. 7.4. Зона захисту одинарного стержневого блискавковідводу

Одинарні стержневі блискавковідводи доцільно використовувати при співвідношенні сторін споруди в плані не більше, ніж 1:2.

Блискавковідвід розташовується з розрахунку отримання найменшого значення r_x.

При розрахунку зони захисту підбирається висота h або, якщо величини h_x та r_x приймаються відомими, тоді r_o визначається графічним шляхом з врахуванням планових розмірів споруди і місця розташування блискавковідводу.

Основні габарити зони захисту визначаються наступним чином:

— зона А:

$$h_o = 0{,}85h; \quad r_o = (1{,}1 - 0{,}002h)h, \tag{7.22}$$

$$r_x = (1{,}1 - 0{,}02h)\left(h - \frac{h_x}{0{,}85}\right). \tag{7.23}$$

З цієї рівності складаємо квадратне рівняння для h. При відомих h_x та r_x можна знайти необхідне значення з розв'язанням складеного рівняння за формулою

$$h_{1,2} = \frac{b\sqrt{b^2 - 0{,}008c}}{0{,}004}, \tag{7.24}$$

де $b = 1{,}1 + 0{,}00235h_x$; $c = 1{,}294h_x = r_x$.

З двох коренів h приймаємо логічне його значення.

— зона Б:

$$h_o = 0{,}92h; \quad r_o = 1{,}5h, \tag{7.25}$$

$$r_x = 1{,}5\left(h - \frac{h_x}{0{,}92}\right). \tag{7.26}$$

За відомих величин h_x та r_x висота блискавковідводу може бути визначена з формули

$$h = \frac{r_x + 1{,}63h_x}{1{,}5} \tag{7.27}$$

Зона захисту двох стержневих блискавковідводів однакової висоти при $h < 150$ *м* зображена на рис. 7.5.

Значення величин h, h_0, r_0, r_x, h_x торцевих областей зони захисту визначаються як відповідні величини стержневих блискавковідводів. Величина h_x приймається рівною висоті споруди, а r_x — з розрахунку перекривання зоною захисту половини споруди на рівні його висоти h_x. Два стержневі блискавковідводи доцільно застосовувати при розмірах споруди в плані в межах від 1:1,5 до 1:3. Блискавковідводи розташовуються в торцях споруди.

Розміри зони захисту між блискавковідводами (h_c, r_c, r_{cx}, r_{co}) визначаються наступним чином:

— зона А:

При $L < h$ $$h_c = h_o; \quad r_{cx} = r_x; \quad r_{co} = r_o. \tag{7.28}$$

При $h < L < 2h$ $$h_c = h_o - (0{,}17 + 3\text{x}10^{-4}h)(L - h); \tag{7.29}$$

$$r_{cx} = \frac{h_c - h_x}{h_c} r_0; \tag{7.30}$$

$$r_{co} = r_0 \tag{7.31}$$

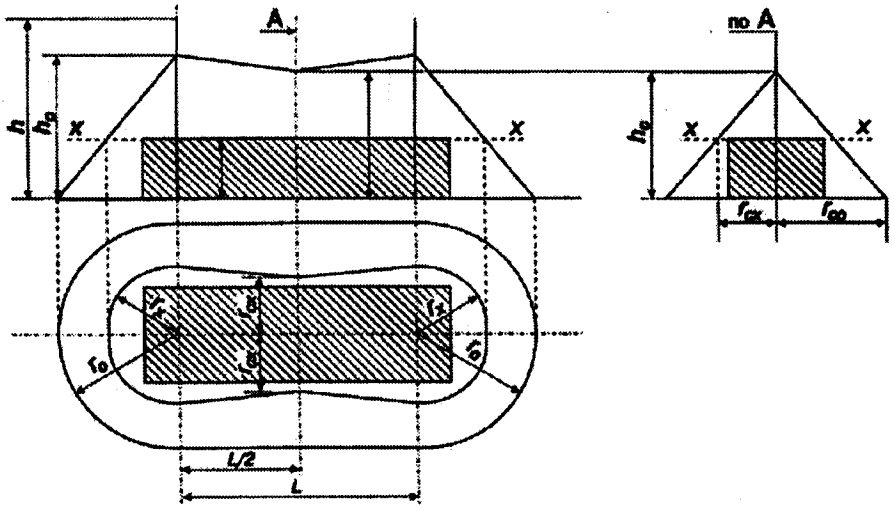


Рис. 7.5. Зона захисту подвійного стержневого блискавковідводу

При $2h < L < 4h$

$$h_c = h_o - (0{,}17 + 3\text{x}10^{-4}h)(L - h); \tag{7.32}$$

$$r_{c0} = r_0\left[1 - \frac{0{,}2(L - 2h)}{h}\right]; \tag{7.33}$$

$$r_{cx} = \frac{h_c - h_x}{h_c} r_0. \tag{7.34}$$

Зона А існує при $L < 4h$, де L — віддаль між блискавковідводами. При $L > 4h$ для побудови зони А блискавковідводи потрібно розглядати як одинарні.

— зона Б:

При $L < h$

$$h_c = h_o; \quad r_{cx} = r_x; \quad r_{co} = r_o; \tag{7.35}$$

При $h < L < 6h$

$$h_c = h_o - 0{,}14(L - h), \tag{7.36}$$

$$r_{cx} = \frac{h_c - h_x}{h_c} r_0; \tag{7.37}$$

$$r_{c0} = r_0 \tag{7.38}$$

Зона Б існує при $L < 6h$. При $L > 6h$ стержневі блискавковідводи слід розглядати як одинарні. За відомих величин h_c та L (при $r_{cx} = 0$) висота блискавковідводу для зони Б визначається за формулою

$$h = \frac{h_C + 0{,}14L}{1{,}06}. \tag{7.39}$$

Зона захисту двох стержневих блискавковідводів різної висоти h_1 та $h_2 < 150$ *м* (при різній висоті частин будинку), а також її габарити h_{o1}, h_{o2}, r_{o3}, r_{o2}, r_{x1}, r_{x2} визначаються за формулами, наведеними вище для торцевих областей одинарних блискавкоприймачів. Габарити внутрішніх областей зони захисту визначаються за формулами:

$$r_{CO} = \frac{r_{O1} + r_{O2}}{2}; \tag{7.40}$$

$$h_C = \frac{h_{C1} + h_{C2}}{2}; \tag{7.41}$$

$$r_{cx} = r_c \frac{h_c - h_x}{h_c}, \tag{7.42}$$

де h_{C1} та h_{C2} визначаються за формулою для h_c.

Для двох різновисоких блискавковідводів побудова зони А подвійного стержневого блискавковідводу виконується при $L < 4h_{min}$, а зони Б — при $L < 6h_{min}$. При відповідно більших відстанях між блискавковідводами вони розглядаються як одинарні.

Зона захисту багатократного стержневого блискавковідводу однакової висоти визначається як зона захисту попарно взятих сусідніх стержневих блискавковідводів. Основною умовою захисту однієї споруди чи групи споруд висотою h_x з надійністю, яка відповідає зонам захисту А і Б, є дотримання нерівності $r_{cx} > 0$ для всіх попарно взятих блискавковідводів; r_{cx} визначається за формулами, що наведені вище; r_{c1}, r_{c2},...r_{cn}, r відкладаються відповідно від ліній, які попарно з'єднують у плані сусідні блискавковідводи. Захисну площу доцільно розбивати на рівні ділянки за кількістю блискавковідводів.

Зона захисту одинарного тросового блискавковідводу висотою $h < 150$ *м* зображена на рис 7.6, де h — висота троса в точці найбільшого провисання. З врахуванням стріли провисання висота опори $h_{on} = h + 3$ *м* при $L = 120$—150 *м*.

Одинарний тросовий блискавковідвід доцільно застосовувати при співвідношенні сторін споруди більше ніж 1:3.

Зона захисту одинарних тросових блискавковідводів має габарити:

— зона А:

$$h_o = 0{,}85h; \quad r_o = (1{,}35 - 0{,}0025h)h, \tag{7.43}$$

$$r_x = (1{,}35 - 0{,}0025h)\left(h - \frac{h_x}{0{,}85}\right). \tag{7.44}$$

При розрахунках зони захисту підбирають висоту h, або значення h_x та r_x приймаються як відомі, при цьому r_x, як і у випадку з одинарним стержневим блискавковідводом, визначається графічно, виходячи з перекривання споруди на рівні її висоти h_x. Знаючи h_x та r_x, можемо знайти h, розв'язуючи квадратне рівняння:

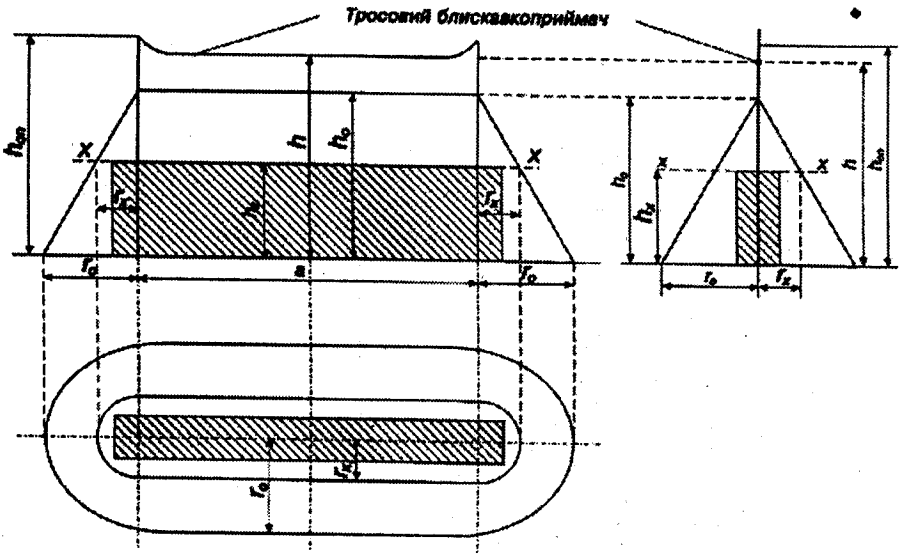


Рис. 7.6. Зона захисту одинарного тросового блискавковідводу

$$h_{1,2} = \frac{b\sqrt{b^2 - 0{,}01c}}{0{,}005}, \tag{7.45}$$

де $b = 1{,}35 + 0{,}00294h_x$; $c = 1{,}59h_x + r_x$.

З двох коренів h приймається його логічне значення.

Для об'єктів першої категорії блискавкозахисту при визначенні величини h враховується мінімальна висота троса над спорудою.

— зона Б:

$$h_o = 0{,}92h; \quad r_o = 1{,}7h \tag{7.46}$$

$$r_x = 1{,}7\left(h - \frac{h_x}{0{,}92}\right) \tag{4.47}$$

За відомих величин h_x та r_x висота h для зони Б може бути визначена за формулою

$$h = \frac{r_x + 1{,}85h_x}{1{,}7} \tag{4.48}$$

Подвійний або потрійний тросовий блискавковідвід застосовується для захисту об'єктів великої площі (рис. 7.7).

При цьому споруда розбивається на смуги з співвідношенням сторін більше ніж 1:3, які захищаються звичайними тросовими блискавковідводами висотою $h < 150$. Величини h, r_o, h_o, r_x визначаються для обох тросових блискавковідводів за формулами:

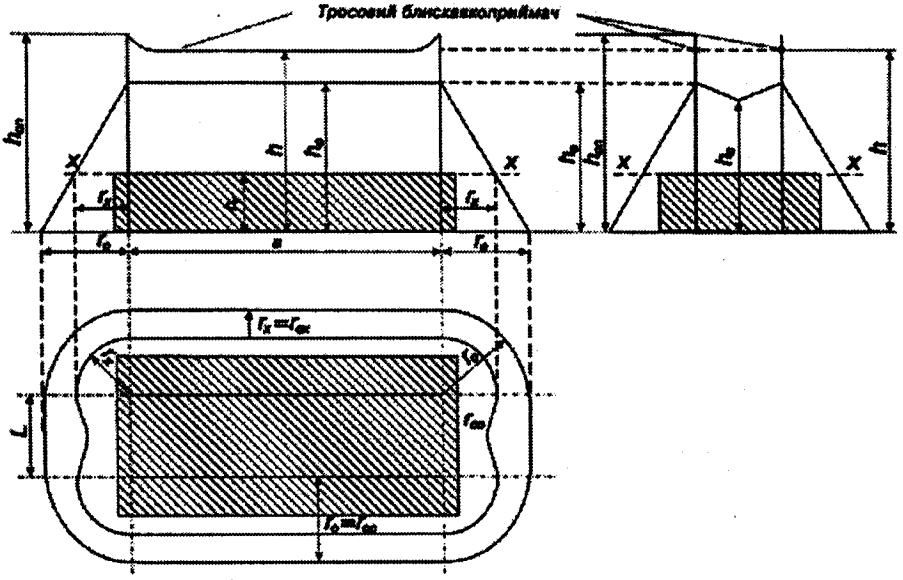


Рис. 7.7. Зона захисту подвійного тросового блискавковідводу

— зона А:
При $L < h$

$$h_c = h_o; \quad r_{cx} = r_x; \quad r_{co} = r_o. \tag{7.49}$$

При $h < L < 3h$

$$h_c = h_o - (0{,}14 + 5\text{x}10^{-4})(L - h) \tag{7.50}$$

$$r_{cx} = \frac{h_c - h_x}{h_c} r_0; \tag{7.51}$$

$$r_{C0} = r_0 \tag{7.52}$$

Зона А існує при $L < 3h$.

— зона Б:
При $L<h$

$$h_c = h_o; \quad r_{cx} = r_x; \quad r_{co} = r_o. \tag{7.53}$$

При $h<L<5h$

$$h_c = h_o - 0{,}12(L - h), \tag{7.54}$$

$$r_{cx} = \frac{h_c - h_x}{h_c} r_0; \tag{7.55}$$

$$r_{C0} = r_0 \tag{7.56}$$

Розділ 8

ПОЖЕЖНА БЕЗПЕКА

8.1. ОЦІНКА ВИБУХОВОЇ ТА ПОЖЕЖНОЇ НЕБЕЗПЕКИ ПРИМІЩЕНЬ І БУДІВЕЛЬ

Оцінка вибухо- та пожежонебезпеки приміщень і будівель виробничого та складського призначення проводиться залежно від кількості та властивостей речовин і матеріалів, що там знаходяться (використовуються) та з урахуванням особливостей технологічних процесів розміщених у них виробництв.

Відомі два підходи до оцінки вибухо- та пожежонебезпеки приміщень і будівель: детермінаційний та імовірнісний. В основу детермінаційного методу покладено категорування приміщень за вибухопожежною та пожежною небезпекою, а імовірнісного — розрахунок імовірності досягнення певного рівня вибухо- та пожежонебезпеки. Перший підхід базується на таких нормативних документах: СНиП 2.09.02-85, СНиП 2.01.02-85, ОНТП 24-86, ПВЕ; другий — ГОСТ 12.1.009-91, ГОСТ 12.1.010-76.

Детермінаційний підхід включає порівняно прості методи категорування, високу ступінь завершеності всіх елементів використовуваних методів та однозначність вирішення задач категорування за їх допомогою, а також вибір відповідних заходів захисту, які регламентуються нормами стосовно встановлених категорій.

Імовірнісний підхід більш досконалий. Він базується на кількісній залежності між значеннями небезпечних факторів пожежі, матеріальними збитками та імовірністю пожежі або вибуху з врахуванням ефективності захисних заходів. Тільки за допомогою імовірнісних методів можна знайти оптимальні конструктивні та технічні вирішення для конкретних об'єктів. Однак такі методи досить складні та потребують детального вивчення кожного конкретного об'єкта та врахування всіх його особливостей. Тому в більшості випадків, використовують детермінаційний підхід при оцінці вибухо- та пожежонебезпеки приміщень і будівель.

8.1.1. ВИЗНАЧЕННЯ КАТЕГОРІЙ ПРИМІЩЕНЬ І БУДІВЕЛЬ ЗА ВИБУХОПОЖЕЖНОЮ ТА ПОЖЕЖНОЮ НЕБЕЗПЕКОЮ

За вибухопожежною та пожежною небезпекою приміщення і будівлі поділяються на п'ять категорій: А, Б, В, Г та Д (табл. 8.1).

Визначення категорій приміщень необхідно здійснювати шляхом послідовної перевірки належності приміщення до категорій, наведених у табл. 8.1, від найвищої (А) до найнижчої (Д).

Таблиця 8.1

Характеристика категорій приміщень і будівель за вибухопожежною та пожежною небезпекою

Категорія приміщень	Характеристика речовин та матеріалів, що знаходяться (використовуються) в приміщенні
А вибухопожежонебезпечна	Горючі гази, легкозаймисті рідини з температурою спалаху не більше 28 °С у такій кількості, що можуть утворювати вибухонебезпечні парогазоповітряні суміші, при спалахуванні яких розвивається розрахунковий надлишковий тиск вибуху в приміщенні, що перевищує 5 *кПа*. Речовини та матеріали, здатні вибухати та горіти при взаємодії з водою, киснем повітря або одне з одним у такій кількості, що розрахунковий надлишковий тиск вибуху в приміщенні перевищує 5 *кПа*.
Б вибухопожежонебезпечна	Горючий пил або волокна, легкозаймисті рідини з температурою спалаху більше 28 °С, горючі рідини в такій кількості, що можуть утворювати вибухонебезпечні пилоповітряні суміші або пароповітряні, при спалахування яких розвивається розрахунковий надлишковий тиск вибуху в приміщенні, що перевищує 5 *кПа*.
В пожежонебезпечна	Горючі та важкогорючі рідини, тверді горючі та важкогорючі речовини і матеріали (в тому числі пил та волокна), речовини та матеріали, здатні при взаємодії з водою, киснем повітря або одне з одним горіти, за умови, що приміщення, в яких вони знаходяться (використовуються), не належать до категорій А та Б.
Г	Негорючі речовини та матеріали в гарячому, розжареному або розплавленому стані, процес обробки яких супроводжується виділенням променистого тепла, іскор, полум'я; горючі гази, рідини, тверді речовини, які спалюються або утилізуються як паливо.
Д	Негорючі речовини та матеріали в холодному стані. Допускається відносити до категорії Д приміщення, в яких знаходяться ГР в системах машин, охолодження та гідроприводу устаткування, в яких не більше 60 *кг* в одиниці устаткування при тиску не більше 0,2 *мПа*, кабелі електропроводки до устаткування, окремі предмети меблів на місцях.

Методика визначення категорій приміщень та будівель за вибухопожежною та пожежною небезпекою регламентуються ОНТП 24-86 (Общесоюзные нормы технологического проектирования).

8.1.2. МЕТОДИ РОЗРАХУНКУ КРИТЕРІЇВ ВИБУХОПОЖЕЖНОЇ НЕБЕЗПЕКИ ПРИМІЩЕНЬ

Вибір і обгрунтування розрахункового варіанту.

1. Для визначення критеріїв вибухопожежної небезпеки як розрахунковий слід вибирати найбільш несприятливий варіант аварії або період нормальної роботи апаратів, при якому у вибуху бере участь найбільша кількість речовин чи матеріалів, які є найбільш небезпечними щодо наслідків такого вибуху.

2. Кількість речовин, що надходять у приміщення і здатні утворювати вибухонебезпечні газоповітряні або пароповітряні суміші, визначається, виходячи з наступних передумов:

а) виникає розрахункова аварія одного з апаратів згідно пункту 1;

б) увесь вміст апарата надходить у приміщення;

в) виникає одночасно витік речовин з трубопроводів, які живлять апарат по прямому і зворотному потоках, за час, необхідний для відключення трубопроводів.

Розрахунковий час відключення трубопроводів визначається у кожному конкретному випадку, виходячи з реальної обстановки, і повинен бути мінімальним з урахуванням паспортних даних на запорні пристрої, характеру технологічного процесу і виду розрахункової аварії.

Розрахунковий час відключення трубопроводів слід приймати рівним:

— часу спрацювання системи автоматики відключення трубопроводів згідно з паспортними даними установки, якщо імовірність відмови системи автоматики відповідно до ГОСТ 19460-74, ГОСТ 13216-74, ГОСТ 19490-74, не перевищує 0,000001 у рік або забезпечено резервування її елементів (але не більше 3 с);

— 120 с, якщо імовірність відмови системи автоматики перевищує 0,000001 у рік і не забезпечено резервування її елементів;

— 300 с у разі ручного відключення.

Не допускається використання технічних засобів для відключення трубопроводів, для яких час відключення перевищує наведені вище значення.

Під "часом спрацювання" і "часом відключення" розуміють проміжок часу від початку можливого надходження горючої речовини з трубопроводу (перфорація, розрив, зміна номінального тиску тощо) до повного припинення надходження газу або рідини в приміщення. Швидкодіючі клапани-відсікачі повинні автоматично перекривати подачу газу чи рідини у разі порушення електропостачання.

У виняткових випадках у встановленому порядку допускається перевищення наведених значень часу відключення трубопроводів спеціальним рішенням відповідних міністерств чи відомств при узгодженні з Держнаглядохоронпраці України на підконтрольних йому виробництвах і підприємствах та Міністерством внутрішніх справ України;

г) виникає випаровування з поверхні рідини, що розлилася; площа випаровування при розливі на підлогу визначається (у разі відсутності довідкових даних), виходячи з розрахунку, що 1 *л* сумішей і розчинів, які містять 70% та менше (за масою) розчинників, розливається на площі 0,5 $м^2$, а решта рідин — на 1 $м^2$ підлоги приміщення;

д) виникає випаровування рідини з ємкостей, які експлуатуються з відкритим дзеркалом рідини, або із свіжопофарбованих поверхонь;

е) тривалість випаровування рідини приймається рівною часу її повного випаровування, але не більше 3600 с.

3. Кількість пилу, який може утворювати вибухонебезпечну суміш, визначається з наступних передумов:

а) розрахунковій аварії передувало пилонакопичення у виробничому приміщенні, що виникає в умовах нормального режиму роботи (наприклад: внаслідок пиловиділення з негерметичного виробничого обладнання);

б) під час розрахункової аварії виникла планова (ремонтні роботи) або раптова розгерметизація одного з технологічних апаратів, через що стався аварійний викид у приміщення усього пилу, що був у апараті.

4. Вільний об'єм приміщення визначається як різниця між об'ємом приміщення та об'ємом, що його займає технологічне обладнання. Якщо вільний об'єм приміщення визначити неможливо, то його можна приймати умовно — 80% від геометричного об'єму приміщення.

Розрахунок надлишкового тиску вибуху для горючих газів, парів легкозаймистих і горючих рідин.

5. Надлишковий тиск вибуху ΔP для індивідуальних горючих речовин, які складаються з атомів C, H, O, N, Cl, Br, I, F визначається за формулою:

$$\Delta P = \left(P_{max} - P_0\right)\frac{mz}{V_{ВІЛ}\rho_{Г.П}} \cdot \frac{100}{C_{СТ}} \cdot \frac{1}{K_H}, \qquad (8.1)$$

де P_{max} — максимальний тиск вибуху стехіометричної газоповітряної або пароповітряної суміші у замкнутому об'ємі, що визначається експериментально або за довідковими даними; у разі відсутності даних допускається приймати P_{max} рівним 900 *кПа*;

P_0 — початковий тиск, кПа (приймається рівним 101 *кПа*);

m — маса горючого газу (ГГ) або парів легкозаймистих (ЛЗР) і горючих рідин (ГР), що надійшли в результаті розрахункової аварії у приміщення; m розраховується для ГГ за формулою 8.5, а для парів ЛЗР і ГР за формулою 8.10, *кг*;

z — коефіцієнт, що характеризує ступінь участі горючої речовини в утворенні вибухонебезпечної суміші; розраховується за характером розподілення газів і парів в об'ємі приміщення;

$V_{ВІЛ}$ — вільний об'єм приміщення, $м^3$;

$\rho_{Г.П}$ — густина пари чи газу, $кг/м^3$;

$C_{СТ}$ — стехіометрична концентрація ГГ або парів ЛЗР і ГР, % (об.), розраховується за формулою:

$$C_{ст} = \frac{100}{1+4{,}84\beta}, \qquad (8.2)$$

де $\beta = n_C + \frac{n_H - n_X}{4} - \frac{n_0}{2}$ — стехіометричний коефіцієнт кисню в реакції горіння;

n_C, n_H, n_0, n_X — кількість атомів C,H,O і галоїдів у молекулі горючої речовини;

K_H — коефіцієнт, який враховує негерметичність приміщення і неадіабатичність процесу горіння. Допускається приймати K_H рівним 3.

Таблиця 8.2

Значення коефіцієнта z

Вид горючої речовини	Значення z
Горючі гази	0,5
Легкозаймисті та горючі рідини, що нагріті до температури спалаху і вище	0,3
Легкозаймисті та горючі рідини, що нагріті нижче температури спалаху, за наявності можливості утворення аерозолю	0,3
Легкозаймисті та горючі рідини, що нагріті нижче температури спалаху при відсутності можливості утворення аерозолю	0

6. Розрахунок ΔP для індивідуальних речовин, крім згаданих у пункті 5, а також для сумішей може бути здійснений за формулою:

$$\Delta P = \frac{m H_T P_0 z}{V_{вil} \rho_{пов} C_{пов}} \cdot \frac{1}{T_{поч} K_H}, \qquad (8.3)$$

де H_T — теплота згорання, $Дж/кг$;

$\rho_{пов}$ — густина повітря до вибуху при початковій температурі $T_{поч}$, $кг/м^3$;

$C_{пов}$ — теплоємність повітря, приймається рівною $1{,}01 \cdot 10^3$, $Дж/кг\,K$;

$T_{поч}$ — початкова температура повітря, K.

7. При використанні в приміщенні горючих газів, легкозаймистих або горючих рідин для визначення маси m, що входить до формули (8.1), враховується робота аварійної вентиляції, якщо вона забезпечена резервними вентиляторами, автоматичним пуском у разі перевищення гранично допустимої вибухонебезпечної концентрації та електропостачанням за першою категорією надійності (ПВЕ), за умови розташування пристроїв для видалення повітря з приміщення в безпосередній близькості від місця можливої розрахункової аварії.

При цьому масу m горючих газів або парів легкозаймистих чи горючих рідин, які нагріто до температури спалаху і вище, що надійшли до об'єму приміщення, слід розділити на коефіцієнт K, який визначається за формулою:

$$K = A \cdot T + 1, \tag{8.4}$$

де A — кратність повітрообміну, що створюється аварійною вентиляцією, $с^{-1}$;

T — тривалість надходження горючих газів і парів легкозаймистих і горючих рідин в об'єм приміщення, с (приймається за пунктом 2).

8. Маса m ($кг$) газу, що надійшов у приміщення при розрахунковій аварії, визначається за формулою:

$$m = \left(V_{АП} + V_{ТР}\right)\rho_{Г}, \tag{8.5}$$

де $V_{АП}$ — об'єм газу, що вийшов з апарата, $м^3$;

$V_{ТР}$ — об'єм газу, що вийшов з трубопроводів, $м^3$.

При цьому:

$$V_{АП} = 0{,}01 \cdot P_1 \cdot V, \tag{8.6}$$

де P_1 — тиск в апараті, $кПа$;

V — об'єм апарата, $м^3$.

$$V_{ТР} = V_{1ТР} + V_{2ТР}, \tag{8.7}$$

де $V_{1ТР}$ — об'єм газу, що вийшов з трубопроводу до його відключення, $м^3$;

$V_{2ТР}$ — об'єм газу, що вийшов з трубопроводу після його відключення, $м^3$.

$$V_{1ТР} = q \cdot T, \tag{8.8}$$

де q — витрата газу, яка визначається в залежності від тиску в трубопроводі, його діаметра, температури газового середовища тощо, $м^3/с$;

T — час, який визначається за пунктом 2, с.

$$V_{2ТР} = 0{,}01\pi P_2\left(r_1^2 L_1 + r_2^2 L_2 + \ldots + r_n^2 L_n\right), \tag{8.9}$$

де P_2 — максимальний тиск у трубопроводі відповідно до технологічного регламенту, $кПа$;

r — внутрішній радіус трубопроводів, $м$;

L — довжина трубопроводів від аварійного апарата до засувок, $м$.

9. Маса парів рідини m, яка надійшла в приміщення при наявності декількох джерел випаровування (поверхня розлитої рідини, поверхня, на яку нанесли цю рідину, відкритий посуд чи ємкості, інше), визначається за формулою:

$$m = m_{Р} + m_{ЄМК} + m_{В.П.}, \tag{8.10}$$

де $m_{Р}$ — маса рідини, що випарувалась з поверхні розливу, $кг$;

$m_{ЄМК}$ — маса рідини, що випарувалась з поверхонь відкритих ємкостей, $кг$;

$m_{В.П.}$ — маса рідини, що випарувалась з поверхонь, на які нанесено речовину, що використовується.

При цьому кожний з додатків у формулі (8.10) визначається за формулою:

$$m = W \cdot F_B \cdot T, \qquad (8.11)$$

де W — інтенсивність випаровування, $кг/с \cdot м^2$;

F — площа випаровування, $м^2$, що визначається, згідно з пунктом 2 в залежності від маси рідини m, яка надійшла в приміщення.

Якщо аварійна ситуація пов'язана з можливим надходженням рідини у розпиленому вигляді, тоді вона повинна бути врахована у формулі (8.10) введенням доданку, що враховує загальну масу рідини, яка надійшла від розпилюючих пристроїв, виходячи з тривалості їх роботи.

10. Маса $m`_п$ ($кг$) рідини, що надійшла в приміщення, визначається за пунктом 2.

11. Інтенсивність випаровування W визначається за довідковими та експериментальними даними. Для ЛЗР за відсутності даних W розраховується за формулою:

$$W = 10^{-6} \lambda \sqrt{M} P_н, \qquad (8.12)$$

де λ — коефіцієнт, що приймається за табл. 8.3 залежно від швидкості та температури повітряного потоку над поверхнею випаровування;

M — молекулярна маса;

$P_н$ — тиск насиченої пари при розрахунковій температурі рідини, який визначається за довідковими даними, $кПа$.

Таблиця 8.3

Значення коефіцієнта λ

Швидкість повітряного потоку в приміщенні, $м/с$	Значення коефіцієнта λ при температурі повітря в приміщенні, °С				
	10	15	20	30	35
0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
0,1	3,0	2,6	2,4	1,8	1,6
0,2	4,6	3,8	3,5	2,4	2,3
0,5	6,6	5,7	5,4	3,6	3,2
1,0	10,0	8,7	7,7	5,6	4,6

Розрахунок надлишкового тиску вибуху для горючого пилу.

12. Розрахунок надлишкового вибуху ΔP ($кПа$) здійснюється за формулою (8.3), де z — частка участі у вибуху горючого пилу, що перебуває у завислому стані. За відсутності експериментальних даних допускається приймати $z = 0{,}5$.

13. Розрахункова маса пилу m ($кг$), який перебуває у завислому стані в об'ємі приміщення і утворився внаслідок аварійної ситуації, визначається за формулою:

$$m = m_{ЗН} + m_{АВ}, \qquad (8.13)$$

де $m_{ЗН}$ — розрахункова маса пилу, який знявся в повітря, $кг$;

$m_{АВ}$ —розрахункова маса пилу, що надійшов у приміщення внаслідок аварійної ситуації, $кг$.

14. Розрахункова маса пилу, який знявся $m_{ЗН}$, визначається за формулою:

$$m_{ЗН} = K_{ЗН} \cdot m_n, \qquad (8.14)$$

де $K_{ЗН}$ — частка нагромадженого в приміщенні пилу, що перебуває в стані нашарування, але здатний перейти в завислий стан внаслідок аварійної ситуації. При відсутності експериментальних даних приймається $K_{ЗН} = 0{,}9$;

m_n — маса відкладеного (наявного) в приміщенні пилу на момент аварії, *кг*.

15. Розрахункова маса пилу m_{AB}, який надійшов у приміщення внаслідок аварійної ситуації, визначається за формулою:

$$m_{AB} = (m_{AП} + qT)K_n, \qquad (8.15)$$

де $m_{AП}$ —маса горючого пилу, що викидається в приміщення з апарата, *кг*;

q — продуктивність, з якою продовжується надходження пилоподібних речовин до аварійного апарата по трубопроводах до моменту їх відключення, *кг/с*;

T — час відключення, визначається за пунктом 2, *с*;

K_n — коефіцієнт пиління, який являє собою відношення маси пилу, що перебуває в повітрі у завислому стані, до усієї маси пилу, що надійшов з апарата до приміщення. При відсутності експериментальних даних K_n приймається: для пилу з дисперсністю меншою за 350 *мкм* $K_n = 0{,}5$; для пилу з дисперсністю не меншою за 350 *мкм* — $K_n = 1{,}0$. Величина m_{AB} приймається відповідно до пунктів 1 і 3.

16. Маса пилу, що відклався в приміщенні на момент аварії визначається за формулою:

$$m_n = \frac{K_Г}{K_П}\left(m_1 + m_2\right), \qquad (8.16)$$

де $K_Г$ — частка горючого пилу в загальній масі нашарованого пилу;

m_1 — маса пилу, який осідає на важкодоступних для прибирання поверхнях у приміщенні за період часу між генеральними прибираннями, *кг*;

m_2 — маса пилу, який осідає на доступних для прибирання місцях у приміщенні за період часу між поточними прибираннями, *кг*;

$K_П$ — коефіцієнт ефективності пилоприбирання. У разі ручного прибирання приймається: при сухому — 0,6, при вологому — 0,7. У разі механізованого вакуумного прибирання: при рівній підлозі $K_П = 0{,}9$; при підлозі з вибоями (до 5% площі) $K_П = 0{,}7$.

Під важкодоступними для прибирання місцями слід розуміти такі поверхні у виробничих приміщеннях, очищення яких здійснюється тільки під час генерального пилоприбирання. Доступними для прибирання місцями є поверхні, пил з яких збирається в процесі поточного пилоприбирання (щодоби, щозміни тощо).

17. Маса пилу m_i ($i = 1{,}2$), який осідає на різноманітних поверхнях у приміщенні за період між прибираннями, визначається за формулою:

$$m_i = M_i\left(1-\alpha\right)\beta_i, \quad (i = 1, 2), \qquad (8.17)$$

де $M_1 = \sum_j M_{1j}$ — маса пилу, який виділяється в об'ємі приміщення за час між генеральними пилоприбираннями, *кг*;

M_{1j} — маса пилу, що виділяється одиницею обладнання, яке пилить за вказаний період часу, *кг*;

$M_2 = \sum_j M_{2j}$ — маса пилу, який виділяється в об'ємі приміщення за період часу між поточними пилоприбираннями, *кг*;

M_{2j} — маса пилу, що виділяється одиницею обладнання, яке пилить за вказаний період, *кг*;

α — коефіцієнт, який визначає частку пилу, що надходить до об'єму приміщення і забирається витяжними вентиляційними системами. За відсутності експериментальних даних величину α приймають рівною $\alpha = 0$;

β_1, β_2 — коефіцієнти, які визначають частки пилу, що виділяються в об'єм приміщення і відповідно осідають у важкодоступних і доступних для прибирання місцях приміщення ($\beta_1 + \beta_2 = 1$). За відсутності даних про величину коефіцієнтів β_1 і β_2 приймається $\beta_1 = 1$, $\beta_2 = 0$.

18. Величина M_i ($i = 1,2$) може бути визначена експериментально (або за аналогією з діючими типовими виробництвами) в період максимального завантаження обладнання за формулою:

$$M_i = \sum_j \left(G_{ij} \cdot F_{ij}\right)\tau_j, \ (j=1, 2), \qquad (8.18)$$

де G_{1j}, G_{2j} — інтенсивність нашарування пилу відповідно на важкодоступних F_{1j} ($м^2$) і доступних F_{2j} ($м^2$) площах, $кг/м^2 \cdot с$;

τ_1, τ_2 — проміжок часу відповідно між генеральними і поточними пилоприбираннями, с.

Визначення надлишкового тиску вибуху для речовин і матеріалів, які здатні вибухати і горіти при взаємодії з водою, киснем повітря або одне з одним.

19. Розрахунковий надлишковий тиск вибуху ΔP речовин і матеріалів, здатних вибухати і горіти при взаємодії з водою, киснем повітря або одне з одним, визначається за наведеною вище методикою, якщо приймати $z = 1$, а за величину H_T, приймати енергію, що виділяється при взаємодії (з урахуванням згорання продуктів взаємодії до кінцевих речовин), або експериментально при випробуваннях. У випадках, коли визначати величину ΔP неможливо, слід приймати її більшою за 5 *кПа*.

Визначення надлишкового тиску вибуху для вибухонебезпечних сумішей, що містять гази (пари) і пил.

20. Розрахунковий надлишковий тиск вибуху ΔP гібридних вибухонебезпечних сумішей, які містять гази (пари) і пил, визначається за формулою:

$$\Delta P = \Delta P_1 + \Delta P_2, \qquad (8.19)$$

де ΔP_1 — тиск вибуху, розрахований для газу (пари) у відповідності з пунктами 5 і 6;

ΔP_2 — тиск вибуху, розрахований для пилу відповідно з пунктом 12.

В таблиці 8.4 наведені фізико-хімічні характеристики деяких легкозаймистих та горючих рідин, що використовуються при оцінці вибухопожежонебезпеки об'єктів, на яких застосовуються (знаходяться) ці речовини.

Таблиця 8.4

Фізико-хімічні характеристики деяких легкозаймистих та горючих рідин

Речовина	Хімічна формула речовини	Молекулярна маса	Стехіометрична концентрація $C_{ст}$, % (об)/ Стехіометричний коефіцієнт кисню	Густина парів, $кг/м^3$	Інтенсивність випаровування, $кг/с \cdot м^2$ (10^{-3})	Тиск насиченої пари при 20 °С, $кПа$	Густина, $кг/м^3$
Ацетон	C_3H_6O	58,08	4,91/4	2,0	0,655	24,54	790,8
Бензин	$C_{7.267}H_{14.796}$	102,2	1,89/10,75	3,5	0,385	10,5	730
Гас	$C_{13.595}H_{26.86}$	191,7	1,00/20,75	3,8	0,0072	0,15	834
Спирт етиловий	C_2H_5OH	46,069	6,44/3,00	1,6	0,140	5,87	789,3
Спирт ізопропіловий	C_3H_8O	60,096	4,4/4,5	2,1	0,145	5,87	785,1
Толуол	C_7H_8	92,14	2,24/9,0	3,2	0,179	2,97	866,9
Уайт-спірит	$C_{10.5}H_{21}$	147,3	1,26/16,25	4,6	0,016	0,37	770
Етилцелозольв	$C_4H_{10}O_2$	90,122	3,62/5,5	3,1	—	0,51	931
Етилацетат	$C_4H_8O_2$	88,106	3,97/5,0	3,04	0,324	9,85	881

Приклад 8.1. Визначити категорію вибухопожежної небезпеки приміщення об'ємом 100 $м^3$, якщо відомо, що в ньому використовується етиловий спирт і у випадку аварії на підлозі приміщення може розлитися 1,5 літра цієї легкозаймистої рідини. Температура у приміщенні 25 °С.

Для вирішення поставленого завдання скористаємося формулою 8.1, однак спочатку визначимо деякі значення, необхідні для розрахунку.

Маса m парів етилового спирту, які можуть потрапити у приміщення в результаті аварії становить:

$$m = W \cdot F_B \cdot T = 0{,}140 \cdot 10^{-3} \cdot 1{,}5 \cdot 3600 = 0{,}756 \ кг.$$

Значення W взято у таблиці 8.4, а F_B та T прийняті згідно положень 2 г та 2 е пункту 8.1.2.

За табл. 8.4 знаходимо для етилового спирту густину парів $\rho_{ГП} = 1{,}6 \ кг/м^3$ та стехіометричну концентрацію $C_{СТ} = 6{,}44\%$ (об.).

Тоді можливий надлишковий тиск вибуху становитиме:

$$\Delta P = \left(P_{\max} - P_0\right)\frac{mz}{V_{ВІЛ}\rho_{Г.П}} \cdot \frac{100}{C_{СТ}} \cdot \frac{1}{K_H} = \left(900 - 101\right)\frac{0{,}756 \cdot 0{,}3}{80 \cdot 1{,}6} \cdot \frac{100}{6{,}44} \cdot \frac{1}{3} = 7{,}33 \ кПа$$

Оскільки можливий надлишковий тиск вибуху парів етилового спирту в даному приміщенні $\Delta P > 5 \ кПа$, а температура спалаху етилового спирту $t_{СП} < 28$ °С, то за вибухопожежною небезпекою приміщення буде належати до категорії А.

Приклад 8.2. Визначити категорію вибухопожежонебезпеки наливної станції, яка складається з ємкостей, що знаходяться під землею та наземного приміщення, в якому встановлені насоси АСВН-80А, продуктивністю $L = 30 \ м^3/год$ або $0{,}0083 \ м^3/с$. В ємкостях зберігаються легкозаймисті речовини — ацетон та уайт-спірит, які насосами перекачуються по трубопроводах. Площа наземного приміщення (насосної) становить $S_{НС} = 108 \ м^2$; об'єм — $V_{НС} = 648 \ м^3$ ($V_{ВІЛ} = 0{,}8 \cdot V_{НС} = 518{,}4 \ м^3$).

Розрахунок проводимо за ацетоном, як за більш вибухопожежонебезпечною ЛЗР. Кількість ацетону, яка може надійти в приміщення у випадку аварії з обох

частин ушкодженого трубопроводу за розрахунковий час відключення трубопроводів $T = 300$ с становить: $m_{TP} = 2L \cdot T = 2 \cdot 0{,}0083 \cdot 300 = 5\ м^3 = 5000\ л$.

Враховуючи, що 1 $л$ ацетону розливається на площі підлоги 1 $м^2$, то у випадку аварії вся площа приміщення насосної буде залита ацетоном.

Визначимо масу парів ацетону, що можуть надійти в приміщення насосної у випадку аварії за формулою:

$$m = W \cdot F_B \cdot T\ (кг),$$

де W — інтенсивність випаровування, $кг/с \cdot м^2$ (табл. 8.4);

F_B — площа випаровування ($м^2$) ЛЗР, яка потрапила в приміщення у випадку аварії;

T — час, протягом якого ЛЗР випаровується у приміщення ($T = 3600$ с).

$m = 0{,}655 \cdot 10^{-3} \cdot 108 \cdot 3600 = 254{,}664\ (кг)$.

Надлишковий тиск вибуху визначаємо за формулою:

$$\Delta P = \left(P_{max} - P_0\right)\frac{mz}{V_{вільρ_{Г.П}}} \cdot \frac{100}{C_{CT}} \cdot \frac{1}{K_H} = (900 - 101)\frac{254{,}66 \cdot 0{,}3}{518{,}4 \cdot 2} \cdot \frac{100}{4{,}91} \cdot \frac{1}{3} = 399{,}7\ \ (кПа)$$

Оскільки $\Delta P = 399{,}7\ кПа > 5\ кПа$, то категорія приміщення — А (вибухопожежонебезпечна).

8.1.3. ВИЗНАЧЕННЯ КАТЕГОРІЇ БУДІВЛІ ЗА ВИБУХОПОЖЕЖНОЮ ТА ПОЖЕЖНОЮ НЕБЕЗПЕКОЮ

Відповідно до ОНТП 24-86 будівля належить до категорії А, якщо в ній сумарна площа приміщень категорії А перевищує 5% площі всіх приміщень або 200 $м^2$.

Будівля належить до категорії Б, якщо одночасно виконуються дві умови:

— будівля не належить до категорії А;

— сумарна площа приміщень категорії А та Б перевищує 5% сумарної площі всіх приміщень або 200 $м^2$.

До категорії В належать будівлі, якщо одночасно виконуються дві умови:

— будівля не належить до категорій А чи Б;

— сумарна площа приміщень категорій А, Б, та В перевищує 5% (10%, якщо в будівлі відсутні приміщення категорії А та Б) сумарної площі всіх приміщень.

Будівля належить до категорії Г, якщо одночасно виконуються дві умови:

— будівля не належить до категорій А, Б чи В;

— сумарна площа приміщень категорій А, Б, В та Г перевищує 5% сумарної площі всіх приміщень.

Якщо будівля не належить до категорій А, Б, В чи Г, значить категорія даної будівлі може бути визначена, як Д.

Допускається понижувати категорію будівлі на один ступінь, якщо сумарна площа приміщень вищих категорій не перевищує 25% сумарної площі всіх приміщень (але не більше визначеної нормативним документом) і в цих приміщеннях встановлені установки автоматичного пожежогасіння.

Приклад 8.3. Міська друкарня знаходиться в окремій двоповерховій будівлі. Визначити категорію будівлі за вибухопожежною та пожежною небезпекою.

Для вирішення завдання складемо таблицю приміщень друкарні, категорій цих приміщень за вибухопожежною та пожежною небезпекою (відповідно до ДНАОП 1.9.40-1.01-96 "Правила охорони праці для підприємств та організацій поліграфічної промисловості"), площі, які вони займають, частки цієї площі у загальній площі усіх приміщень будівлі.

Таблиця 8.5

До прикладу 8.3

№ зп.	Приміщення друкарні	Категорія приміщення за ДНАОП 1.9.40-1.01-96	Площа приміщення, $м^2$	Частка площі приміщення у загальній площі усіх приміщень, %
	I поверх			
1	Друкарський цех високого друку	В	50	7,7
2	Друкарський цех офсетного друку	В	50	7,7
3	Брошурувально-палітурний цех	В	80	12,4
4	Ремонтно-механічна майстерня	Д	24	3,7
5	Склади:			
	— готової продукції	В	30	4,6
	— паперу, картону, фарб, палітурних матеріалів, запчастин	В	40	6,2
	— ЛЗР та ГР	А	12	1,9
6	Санітарно-побутові приміщення	Д	36	5,6
	II поверх			
1	Дільниця комп`ютерного складання	В	20	3,1
2	Дільниця складання на рядковідливних машинах	В	24	3,7
3	Кімната чищення лінотипних магазинів та матриць	А	10	1,5
4	Кімната переплавки сплаву	Г	10	1,5
5	Фоторепродукційна	В	16	2,6
6	Цех виготовлення форм високого друку	В	24	3,7
7	Цех виготовлення форм офсетного друку	В	24	3,7
8	Коректорська	В	12	1,8
9	Адміністративні приміщення	В	160	24,8
10	Санітарно-побутові приміщення	Д	24	3,7

Визначаємо категорію будівлі шляхом послідовної перевірки належності будівлі до категорій починаючи з найвищої. Оскільки сумарна площа приміщень, що належить до категорії А становить лише 3,4% загальної площі всіх приміщень, а приміщення категорії Б у друкарні відсутні, то будівля даної міської друкарні належить до категорії В.

8.2. ПОКАЗНИКИ ПОЖЕЖОВИБУХОНЕБЕЗПЕЧНОСТІ РЕЧОВИН ТА МАТЕРІАЛІВ

Для того, щоб одержати вихідні дані для розробки заходів щодо забезпечення пожежної безпеки приміщень та будівель необхідно оцінити пожежовибухонебезпечність речовин та матеріалів, які застосовуються на конкретному виробництві. Така оцінка полягає у визначенні цілої низки показників, характеристика та кількість яких згідно з ГОСТ 12.1.044-84 залежить від агрегатного стану даної речовини (табл. 8.6).

Таблиця 8.6

Перелік показників пожежовибухонебезпечності речовин та матеріалів

№ зп.	Показники	Застосовність показників пожежовибухонебезпечності			
		газів	рідин	твердих речовин	пилу
1	Група горючості	+	+	+	+
2	Температура спалаху	—	+	+	—
3	Температура спалахування	—	+	+	+
4	Температура самоспалахування	+	+	+	+
5	Концентраційні межі поширення полум`я (спалахування)	+	+	—	+
6	Температурні межі поширення полум`я (спалахування)	+	+	—	—
7	Температура самонагрівання	—	—	+	+
8	Температура тління	—	—	+	+
9	Умови теплового самозаймання	—	—	+	+
10	Мінімальна енергія запалювання	+	+	—	+
11	Кисневий індекс	—	—	+	—
12	Здатність вибухати та горіти при взаємодії з водою, киснем повітря та іншими речовинами	+	+	+	+
13	Нормальна швидкість поширення полум`я	+	+	—	—
14	Швидкість вигорання	—	+	—	—
15	Коефіцієнт димоутворення	—	—	+	—
16	Індекс поширення полум`я	—	—	+	—
17	Показник токсичності продуктів горіння	—	—	+	—
18	Мінімальний вибухонебезпечний вміст кисню	+	+	—	+
19	Мінімальна флегматизуюча концентрація флегматизатора	+	+	—	+
20	Максимальний тиск вибуху	+	+	—	+
21	Швидкість наростання тиску при вибуху	+	+	—	+

Примітка. Знак "+" означає застосовність, а знак "—" — незастосовність показника.

До основних показників при оцінці пожежовибухонебезпечності рідин належать: група горючості, температури спалаху, спалахування, самоспалахування, концентраційні та температурні межі поширення полум'я; твердих речовин та матеріалів: група горючості, температури спалахування, самоспалахування, самонагрівання.

За горючістю речовини та матеріали поділяються на три групи: негорючі, які не здатні горіти на повітрі; важкогорючі, які можуть займатися на повітрі від джерела запалювання, однак після його вилучення не здатні самостійно горіти; горючі, які здатні самозайматись, а також займатись від джерела запалювання і самостійно горіти після його вилучення.

Температура спалаху $t_{сп}$ — найнижча температура горючої речовини, при якій над її поверхнею утворюються пари або гази, здатні спалахнути від джерела запалювання, але швидкість їх утворення ще не достатня для стійкого горіння.

За температурою спалаху розрізняють: легкозаймисті рідини (ЛЗР), у яких $t_{сп} \leq 61\ ^0C$ у закритому тиглі та горючі рідини (ГР), у яких $t_{сп} > 61\ ^0C$. Температура спалаху є експрес-показником, за яким орієнтовно оцінюють температурні умови, при котрих речовина стає вогненебезпечною у відкритій посудині та при її розлитті. Чим менша $t_{сп}$, тим вогненебезпечнішою є дана речовина.

Значення $t_{сп}$ використовують при класифікації рідин за ступенем пожежонебезпеки при визначенні категорії приміщень та будівель за вибухопожежною та пожежною небезпекою відповідно до ОНТП 24-86, а також класів вибухонебезпечних та пожежонебезпечних зон у відповідності з вимогами Правил влаштування електроустановок (ПВЕ).

Температура спалахування (t_c) — найнижча температура речовини, при якій вона виділяє горючі гази і пари з такою швидкістю, що після їх запалювання виникає стійке горіння.

Між температурою спалаху і температурою спалахування завжди зберігається співвідношення $t_{сп} < t_c$.

Температура самоспалахування ($t_{сс}$) — найнижча температура речовини, при якій відбувається різке збільшення швидкості екзотермічних реакцій, що призводить до виникнення полум'янистого горіння.

У виробничих умовах $t_{сс}$ може бути досягнута у відносно невеликій кількості парів та газів у місцях, що контактують з високонагрітими тілами. Значення t_c та $t_{сс}$ використовують при оцінці пожежовибухонебезпечності речовин, при визначенні групи вибухонебезпечної суміші згідно ГОСТ 12.1.011-78 для вибору типу вибухозахищеного електрообладнання, при розробці заходів щодо забезпечення вибухової та пожежної безпеки технологічних процесів у відповідності з вимогами ГОСТ 12.1.004-81 та ГОСТ 12.1.010-76.

Нижня (НКМ) та верхня (ВКМ) концентраційні межі поширення полум'я — це мінімальна та максимальна об'ємна (масова) частка горючої речовини у суміші з даним окислювачем (повітрям), при яких можливе спалахування суміші від джерела запалювання з наступним поширенням полум'я по суміші на будь-яку відстань від джерела запалювання.

В замкнутому об'ємі спалахування, як правило, носить вибуховий характер, тому вказані концентраційні межі називають також межами вибуховості.

Значення концентраційних меж поширення полум'я визначають в об'ємних (% об'єм.) або масових ($г/м^3$) одиницях, а їх співвідношення має такий вираз:

$$C_{MAX} = 10 \cdot M \cdot C_{об} / V_t, \qquad (8.20)$$

де C_{MAC} — концентрація в масових одиницях, $г/м^3$:

$C_{об}$ —концентрація в об'ємних одиницях, (% об'єм.);

M — молекулярна маса парів;

V_t — об'єм грам-молекули парів (22,4 л за н. у.).

Вибухонебезпека горючих газів, парів та пилу тим більша, чим меншою є НКМ і чим більший діапазон між НКМ та ВКМ, тобто чим більшою є область спалахування (вибуховості).

Нижня (НТМ) та верхня (ВТМ) температурні межі поширення полум'я — мінімальна та максимальна температури речовини, за яких її насичені пари утворюють у повітрі концентрації рівні відповідно НКМ та ВКМ.

Дані про НТМ та ВТМ використовують при розробці заходів щодо забезпечення вибухової та пожежної безпеки, при розрахунку пожежовибухонебезпечних температурних режимів роботи технологічного устаткування, при оцінці аварійних ситуацій, пов'язаних з розливом горючих рідин, а також для розрахунку концентраційних меж поширення полум'я.

Температура самонагрівання ($t_{СН}$) — найнижча температура речовини, при якій самочинний процес її нагрівання не призводить до тління або полум'янистого горіння.

Дані про $t_{СН}$ використовують при виборі безпечних умов нагрівання речовини, розробці заходів щодо забезпечення пожежобезпеки технологічних процесів відповідно до вимог ГОСТ 12.1.004-85.

Безпечна температура довготривалого нагрівання речовини — температура, яка не перевищує 90% $t_{СН}$.

В таблицях 8.7 та 8.8 наведені деякі основні показники пожежовибухонебезпечності легкозаймистих та горючих рідин і горючих газів, які широко використовуються на виробництві.

Таблиця 8.7

Основні показники пожежовибухонебезпечності деяких ЛЗР та ГР

№ зп.	Назва ЛЗР, ГР	Температура спалаху ($t_{СП}$), °С	Температура самоспалахування ($t_{СС}$), °С	Концентраційні межі поширення полум`я, % об`єм.	Температурні межі поширення полум`я, °С
				НКМ/ВКМ	НТМ/ВТМ
1	2	3	4	5	6
1	Ацетон	—18	465	2,2/13	—20/6
2	Бензин автомобільний А-76	—36	300	0,76/5,16	—36/—4
3	Бензол	—11	562	1,4/7,1	—14/13
4	Бутилацетат	29	450	2,2/14,7	13/48

Продовження табл. 8.7

1	2	3	4	5	6
5	Гас	27	250	1,4/7,5	27/69
6	Етилацетат	2	400	3,5/16,8	1/31
7	Ксилол	29	590	1,2/6,2	24/50
8	Машинне мастило (марка ФМ-5,6 АП)	182	410	—	172/270
9	Спирт бутиловий	41	345	1,7/12	31/60
10	Спирт етиловий	13	404	3,6/19	11/41
11	Спирт ізопропиловий	14	400	2,0/12	8/37
12	Спирт метиловий	8	464	6,0/34,7	7/39
13	Скипидар	34	300	0,8/—	32/53
14	Толуол	4	536	1,3/6,7	0/30
15	Уайт-спірит	33—36	260	—	33/68

Таблиця 8.8

Основні показники пожежовибухонебезпечності деяких горючих газів

№ зп.	Назва горючого газу	Молекулярна маса	Густина, $кг/м^3$ (за н. у.)	Температура самоспалахування (t_{cc}), °С	Концентраційні межі спалахування, % об'єм.	Мінімальна енергія запалювання, *мДж*
					НКМ/ВКМ	
1	Аміак	17,03	681,4*	650	15/28	680
2	Ацетилен	26,04	1,177	335	2,5/81	—
3	Бутан	58,12	2,672	405	1,8/9,1	0,25
4	Водень	2,02	0,090	510	4,0/75	0,017
5	Етан	30,07	1,356	472	2,9/15	0,24
6	Етилен	28,05	1,259	540	3,0/32	0,12
7	Метан	16,04	0,717	537	5,0/15	0,28
8	Окис вуглецю	28,01	1,250	610	12,5/74	—
9	Пропан	44,09	500,5*	466	2,1/9,5	0,25
10.	Сірководень	34,08	1,539	246	4,3/46	—

Примітка: * Густина в зрідженому стані.

Нижню та верхню межу поширення полум'я (спалахування) C суміші кількох горючих речовин при початковій температурі суміші 25 °С можна орієнтовно визначити за формулою Ле-Шателє:

$$C = \frac{\sum_{k=1}^{n} C_k}{\sum_{k=1}^{n} C_k / C_{mk}}, \qquad (8.21)$$

де n — кількість горючих компонентів суміші;

C_k — концентрація k-го компонента в суміші;

C_{mk} — концентраційна межа (НКМ або ВКМ) поширення полум'я k-го компонента суміші.

Приклад 8.4. Визначити нижню та верхню концентраційні межі спалахування суміші природного газу, до складу якого входять: метан — 80%, етан — 10%, пропан — 5% та бутан — 5%.

Знайшовши за табл. 8. 8 НКМ та ВКМ усіх складників природного газу визначаємо за формулою 8.21 його нижню та верхню концентраційні межі спалахування:

$$C_{НКМ} = \frac{80+10+5+5}{\frac{80}{5,0}+\frac{10}{2,9}+\frac{5}{2,1}+\frac{5}{1,8}} = 4,06 \text{ \% об`єм.},$$

$$C_{ВКМ} = \frac{80+10+5+5}{\frac{80}{15}+\frac{10}{15}+\frac{5}{9,5}+\frac{5}{9,1}} = 14,1 \text{ \% об`єм.}$$

Приклад 8.5. Визначити нижню концентраційну межу спалахування в $г/м^3$ розчинника Р-4, який складається з бутилацетату — 12%, ацетону — 26% та толуолу — 62%.

Для розрахунку необхідно перевести концентрації із об'ємних одиниць в масові за формулою 8.20, попередньо визначивши молекулярну масу складників розчинника Р-4 (табл. 8.4) та значення їх НКМ (табл. 8.7):

для толуолу $C_T = \frac{10 \cdot 92,14 \cdot 1,3}{22,4} = 53,5 \ г/м^3$;

для ацетону $C_A = \frac{10 \cdot 58,08 \cdot 2,2}{22,4} = 57,0 \ г/м^3$;

для бутилацетату $C_Б = \frac{10 \cdot 116,16 \cdot 2,2}{22,4} = 114,1 \ г/м^3$.

Наближено нижня концентраційна межа спалахування розчинника Р-4 буде становити

$$C_{НКМ} = \frac{62+26+12}{\frac{62}{53,5}+\frac{26}{57,0}+\frac{12}{114,1}} = 58,1 \ г/м^3.$$

Приклад 8.6. Визначити, яка кількість бензину може створити вибухонебезпечну концентрацію у приміщенні, вільний об'єм якого становить $V_{ВІЛ} = 100 \ м^3$.

Розрахункова кількість парів бензину m, яка може створити вибухонебезпечну суміш з концентрацією на рівні нижньої концентраційної межі $C_{НКМ} = 0,76\%$ становить:

$$m = \frac{V_{ВІЛ}}{100} \cdot C_{НКМ} = \frac{100 \cdot 0,76}{100} = 0,76 \ м^3 \text{ або } 0,76 \cdot 3,5 = 2,66 \ кг,$$

де 3,5 $кг/м^3$ — густина парів бензину (табл. 8.4).

Оскільки густина бензину становить 730 $кг/м^3$, то 2,66 $кг$ бензину в рідкому стані займає об'єм 3,64 $л$.

Таким чином, 3,64 літра автомобільного бензину може створити в приміщенні з вільним об'ємом 100 $м^3$ вибухонебезпечну концентрацію при умові його повного випаровування.

Приклад 8.7. В приміщенні фарбувального цеху об'ємом $V_{ПР}$ = 800 $м^3$ можливе розлиття ацетону, який використовується як розчинник. Для зменшення площі розлиття, а відтак і випаровування ацетону на дільниці приготування та змішування фарби площею 9 $м^2$ підлога виконана на 3 *см* нижче рівня підлоги цеху. Температура в приміщенні 20 °С.

Розрахувати, яка кількість ацетону може створити у приміщенні вибухонебезпечну концентрацію з повітрям і за який час.

Розглянемо критичну ситуацію, коли в результаті відключення електроенергії витяжна вентиляція цеху не працює.

Кількість парів ацетону m, що може створити вибухонебезпечну концентрацію при нижній концентраційній межі спалахування, $C_{НКМ}$ = 2, 2% (табл. 8.7), становить:

$$m = \frac{V_{ВІЛ}}{100} \cdot C_{НКМ} = \frac{0,8 \cdot 800}{100} \cdot 2,2 = 14 \ м^3 \ \text{ або } \ 14 \cdot 2 = 28 \ кг,$$

де 2 $кг/м^3$ — густина парів ацетону (табл. 8.4).

Визначимо час T випаровування ацетону при його розлитті в кількості, достатній для утворення вибухової суміші

$$T = \frac{m}{W \cdot F} = \frac{28}{0,655 \cdot 10^{-3} \cdot 9} = 4750 \ с, \text{ або } 1,3 \text{ години},$$

де W — інтенсивність випаровування (табл. 8.4);
F — площа випаровування.

8.3. ПРОТИПОЖЕЖНЕ ВОДОПОСТАЧАННЯ

На підприємствах відповідно до СНиП 2.04.02-84 та СНиП 2.04.01-85 необхідно передбачати систему протипожежного водопостачання, яке є джерелом подачі води для пересувної пожежної техніки та установок пожежогасіння. Протипожежний водогін, як правило, об'єднується з господарсько-питтєвим чи виробничим водогоном.

Вимоги до пожежного водопостачання підприємств, що виробляють, застосовують чи зберігають вибухові речовини, складів лісових матеріалів місткістю більш ніж 10 тис. $м^3$, об'єктів нафтогазодобувної та нафтопереробної промисловості встановлені відповідними нормативними документами.

Потреба води для гасіння пожежі залежить від площі пожежі, категорії пожежної небезпеки об'єкта, правил використання техніки для подачі води тощо. Витрата води на зовнішнє пожежогасіння на промислових та сільськогосподарських підприємствах на одну пожежу повинна прийматись для будівель, які вимагають найбільшої витрати води (табл. 8.9 або 8.10).

Таблиця 8.9

Витрата води на зовнішнє пожежогасіння виробничих будівель шириною до 60 *м*

Ступінь вогнестійкості будівель	Категорія будівлі відповідно до ОНТП 24-86	Витрата води на зовнішнє пожежогасіння виробничих будівель з ліхтарями, а також без них на одну пожежу, *л/с* при об'ємах будівель, тис. $м^3$						
		до 3	3—5	5—20	20—50	50—200	200—400	400—600
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	35	—	—
III	В	10	15	20	30	40	—	—
IV, V	Г, Д	10	15	20	30	—	—	—
IV, V	В	15	20	25	40	—	—	—

Таблиця 8.10

Витрата води на зовнішнє пожежогасіння виробничих будівель шириною 60 *м* і більше

Ступінь вогнестійкості будівель	Категорія будівлі відповідно до ОНТП 24-86	Витрата води на зовнішнє пожежогасіння виробничих будівель без ліхтарів на одну пожежу, *л/с* при об'ємах будівель, тис. $м^3$								
		до 50	50 —100	100 —200	200 —300	300 —400	400 —500	500 —600	600 —700	700 —800
I, II	А, Б, В	20	30	40	50	60	70	80	90	100
I, II	Г, Д	10	15	20	25	30	35	40	45	50

Розрахункова кількість одночасних пожеж на виробничому чи сільськогосподарському підприємстві приймається залежно від площі, яку вони займають: одна пожежа при площі до 150 *га*, дві пожежі — більше 150 *га*.

Витрату води на гасіння пожежі при об'єднаному водогоні для спринклерних чи дренчерних установок, внутрішніх пожежних кранів та зовнішніх гідрантів протягом 1 год. з моменту початку пожежогасіння необхідно приймати як суму найбільших витрат, що визначаються у відповідності з вимогами „Інструкції з проектування установок автоматичного пожежогасіння", СНиП 2.04.02-84 та СНиП 2.04.01-85.

При розрахунку протипожежного водопостачання тривалість гасіння пожежі приймається 3 год.; для будівель I та II ступеня вогнестійкості категорій Г та Д — 2 год.

За способом створення напорів протипожежі водогони поділяють на низького та високого тиску. Як правило приймається протипожежний водогін низького тиску, лише при відповідному обгрунтуванні допускається приймати протипожежний водогін високого тиску.

Свобідний напір у мережі протипожежного водогону низького тиску (на рівні поверхні землі) при пожежогасінні повинен бути не менше 10 *м*. Мінімальний свобідний напір в мережі протипожежного водопостачання над поверхнею землі приймається при одноповерховій забудові не менше 10 *м*, при більшій поверховості на кожний поверх добавляють 4 *м*. Втрати напору *h*, *м*, на 1 *м* довжини рукавних ліній визначають за формулою

$$h = 0{,}00385 \cdot q_n^2, \qquad (8.22)$$

де q_n — продуктивність пожежного струменя, $л/с$.

При неможливості, недостатності чи недоцільності отримання води від вододжерел (річки, канали, озера, водосховища, підземні води) чи водогону використовують пожежні резервуари та спеціальні водоймища.

Вибір системи внутрішнього протипожежного водопостачання необхідно проводити залежно від техніко-економічної доцільності та протипожежних вимог, а також з урахуванням прийнятої системи зовнішнього водопостачання та особливостей технології виробництва. В будівлях, що мають системи господарсько-питтєвого чи виробничого водогону, як правило, з однією із них об'єднують систему внутрішнього протипожежного водогону.

Для виробничих та складських будівель, а також будівель управлінь та допоміжних будівель виробничих підприємств витрата води на внутрішнє пожежогасіння визначається відповідно до табл. 8.11. та 8.12.

Витрата води на пожежогасіння залежно від висоти компактної частини струменя та діаметра сприскy необхідно уточнювати відповідно до табл. 8.13.

Таблиця 8.11

Витрата води на внутрішнє пожежогасіння для виробничих та складських будівель

Ступінь вогнестійкості будівлі	Категорія будівлі відповідно до ОНТП 24-86	Кількість струменів та мінімальна витрата води, $л/с$, на один струмінь для будівель висотою до 50 $м$ з об'ємом, тис. $м^3$				
		0,5—5	5—50	50—200	200—400	400—800
I, II	А, Б, В	2 · 2,5	2 · 5	2 · 5	3 · 5	4 · 5
III	В	2 · 2,5	2 · 5	2 · 5	—	—
III	Г, Д	—	2 · 2,5	2 · 2,5	—	—
IV, V	В	2 · 2,5	2 · 5	—	—	—
IV, V	Г, Д	—	2 · 2,5	—	—	—

Таблиця 8.12

Витрата води на внутрішнє пожежогасіння для допоміжних будівель та будівель управлінь промислових підприємств

№ зп.	Будівлі управлінь та допоміжні будівлі промислових підприємств	Кількість струменів	Мінімальна витрата води, $л/с$, на один струмінь
1	Будівлі управлінь:		
	— висотою від 6 до 10 поверхів об'ємом до 25 000 $м^3$	1	2,5
	— те ж, об'ємом більше 25 000 $м^3$	2	2,5
	— при кількості поверхів більше 10 та об'ємом до 25 000 $м^3$	2	2,5
	— те ж, об'ємом більше 25 000 $м^3$	3	2,5
2	Допоміжні будівлі промислових підприємств об'ємом, $м^3$:		
	— від 5000 до 25 000	1	2,5
	— більше 25 000	2	2,5

Витрата води на пожежогасіння
залежно від висоти компактної частини струменя та діаметра сприскy

Висота компактної частини струменя або приміщення, *м*	Продуктивність пожежного струменя, *л/с*	Напір біля пожежного крану з рукавами довжиною, *м*			Продуктивність пожежного струменя, *л/с*	Напір біля пожежного крану з рукавами довжиною, *м*			Продуктивність пожежного струменя, *л/с*	Напір біля пожежного крану з рукавами довжиною, *м*		
		10	15	20		10	15	20		10	15	20
	Діаметр сприскy наконечника пожежного ствола, *мм*											
	13				16				19			
Пожежні крани d = 50 *мм*												
6	—	—	—	—	2,6	9,2	9,6	10	3,4	8,8	9,6	10,4
8	—	—	—	—	2,9	12	12,5	13	4,1	12,9	13,8	14,8
10	—	—	—	—	3,3	15,1	15,7	16,4	4,6	16	17,3	18,5
12	2,6	20,2	20,6	21	3,7	19,2	19,6	21	5,2	20,6	22,3	24
14	2,8	23,6	24,1	24,5	4,2	24,8	25,5	26,3	—	—	—	—
16	3,2	31,6	32,2	32,8	4,6	29,3	30	31,8	—	—	—	—
18	3,6	39	39,8	40,6	5,1	36	38	40	—	—	—	—
Пожежні крани d = 65 *мм*												
6	—	—	—	—	2,6	8,8	8,9	9	3,4	7,8	8	8,3
8	—	—	—	—	2,9	11	11,2	11,4	4,1	11,4	11,7	12,1
10	—	—	—	—	3,3	14	14,3	14,6	4,6	14,3	14,7	15,1
12	2,6	19,8	19,9	20,1	3,7	18	18,3	18,6	5,2	18,2	19	19,9
14	2,8	23	23,1	23,3	4,2	23	23,3	23,5	5,7	21,8	22,4	23
16	3,2	31	31,3	31,5	4,6	27,6	28	28,4	6,3	26,6	27,3	28
18	3,6	38	38,3	38,5	5,1	33,8	34,2	34,6	7	32,9	33,8	34,8
20	4	46,4	46,7	47	5,6	41,2	41,8	42,4	7,5	37,2	38,5	39,7

Внутрішній протипожежний водогін не передбачається:

— в будівлях та приміщеннях, об'ємом чи висотою меншою ніж вказані у табл. 8.11 та 8.12;

— у виробничих будівлях, в яких застосування води може викликати вибух, пожежу, поширення вогню;

— у виробничих будівлях I та II ступеня вогнестійкості з негорючих матеріалів категорій Г та Д незалежно від їх об'єму та у виробничих будівлях III—IV ступеня вогнестійкості не більше 5000 $м^3$ категорій Г та Д;

— у виробничих та допоміжних будівлях промислових підприємств, а також у приміщеннях для зберігання овочів та фруктів і в холодильниках, що не обладнані господарсько-питтєвим чи виробничим водогоном, для яких передбачено гасіння пожеж від ємкостей (резервуарів, водоймищ);

— в інших випадках, передбачених СНиП 2.04.01-85.

Час роботи пожежних кранів приймається 3 год. При встановленні пожежних кранів на системах автоматичного пожежогасіння час їх роботи необхідно приймати рівним часу роботи систем автоматичного пожежогасіння.

Приклад 8.8. Визначити витрату води на зовнішнє та внутрішнє гасіння пожежі виробничої будівлі, яка належить до категорії В за вибухопожежною та пожежною небезпекою і має II ступінь вогнестійкості. Об'єм будівлі 4 тис. $м^3$.

Витрату води на зовнішнє гасіння пожежі визначаємо за формулою:

$$Q_{зов} = 3600 \cdot q_1 \cdot T_1 = 3600 \cdot 10 \cdot 3 = 108\,000\ л,$$

де q_1 — витрата води на одну пожежу (табл. 8.9);

T_1 — розрахункова тривалість зовнішнього гасіння пожежі (3 год.).

Визначаємо витрату води на внутрішнє гасіння пожежі:

$$Q_{вн} = 3600 \cdot n \cdot q_2 \cdot T_2 = 3600 \cdot 2 \cdot 2{,}5 \cdot 3 = 54\,000\ л,$$

де n — кількість струменів (табл. 8.11);

q_2 — мінімальна витрата води на один струмінь (табл. 8.11);

T_2 — розрахунковий час роботи пожежних кранів (3 год.).

Загальна розрахункова витрата води на внутрішнє та зовнішнє гасіння пожежі вказаної будівлі становить:

$$Q_{заг} = Q_{зов} + Q_{вн} = 108\,000 + 54\,000 = 162\,000\ л.$$

8.4. ЕВАКУАЦІЯ ЛЮДЕЙ ІЗ ПРИМІЩЕНЬ ТА БУДІВЕЛЬ

У всіх будівлях і спорудах на випадок пожежі повинна бути передбачена і забезпечена евакуація людей з приміщень, що горять, через так звані евакуаційні виходи. Виходи вважаються евакуаційними, якщо вони ведуть з приміщень:

а) першого поверху назовні безпосередньо або через коридор, вестибюль, сходову клітку;

б) будь-якого поверху, крім першого, в коридор, що веде на сходову клітку, в тому числі через хол. При цьому сходові клітки повинні мати вихід назовні

безпосередньо або через вестибюль, відокремлений від прилеглих коридорів перегородками з дверима;

в) в сусіднє приміщення на цьому ж поверсі, що забезпечене виходами, вказаними в пунктах а і б.

Евакуаційні виходи повинні розташовуватися розосереджено. Мінімальна відстань між найбільш віддаленими один від одного евакуаційними виходами з приміщення визначається за формулою:

$$l = 1{,}5\sqrt{P} \ (м), \tag{8.23}$$

де P — периметр приміщення, *м*.

Кількість евакуаційних виходів з будівель, з кожного поверху та приміщень необхідно приймати згідно СНиП 2.01.02-85, однак не менше двох. Слід зазначити, що існує ряд винятків, коли допускається один евакуаційний вихід, або використання як другого виходу інших пристосувань для евакуації, зокрема зовнішньої пожежної металевої драбини.

Не допускається влаштовувати евакуаційні виходи через приміщення категорій А і Б, а також через виробничі приміщення в будівлях IIIб, IV, IVа та V ступенів вогнестійкості.

Відстань від найвіддаленішого робочого місця до найближчого евакуаційного виходу з приміщення безпосередньо назовні або на сходову клітку не повинна перевищувати значень, що регламентуються СНиП 2.09.02-85 (табл. 8.14).

Таблиця 8.14

Максимальна допустима відстань від найвіддаленішого робочого місця до евакуаційного виходу з приміщення

Об'єм приміщення, тис. $м^3$	Категорія приміщення	Ступінь вогнестійкості будівлі	Відстань, *м*, при щільності людського потоку в загальному проході, осіб на $м^2$		
			до 1	більше 1 до 3	більше 3 до 5
1	2	3	4	5	6
До 15	А, Б	I, II, IIIа	40	25	15
	В	I, II, III, IIIа, IIIб, IV V	100 70 50	60 40 30	40 30 20
30	А, Б	I, II, IIIа	60	35	25
	В	I, II, III, IIIа, IIIб, IV	145 100	85 60	60 40
40	А, Б	I, II, IIIа	80	50	35
	В	I, II, III, IIIа, IIIб, IV	160 110	95 65	65 45
50	А, Б	I, II, IIIа	120	70	50
	В	I, II, III, IIIа,	180	105	75

Продовження табл. 8.14

1	2	3	4	5	6
60 і більше	А, Б	I, II, IIIа	140	85	60
60	В	I, II, III, IIIа,	200	110	85
80 і більше	В	I, II, III, IIIа	240	140	100
Незалежно від об'єму	Г, Д	I, II, III, IIIа, IIIб, IV V	Не обмежується 160 120	Не обмежується 95 70	Не обмежується 65 50

Примітка. Щільність людського потоку визначається як відношення кількості людей, що евакуюються по загальному проходу, до площі цього проходу.

Відстань по коридору від дверей найбільш віддаленого приміщення площею не більше 1000 $м^2$ до найближчого виходу назовні або на сходову клітку не повинна перевищувати значень, наведених в табл. 8.15.

Таблиця 8.15.

Максимальна допустима відстань від дверей найбільш віддаленого приміщення до найближчого виходу назовні або на сходову клітку

Розміщення виходу	Категорія приміщення	Ступінь вогнестійкості будівлі	Відстань по коридору, *м*, до виходу назовні або на сходову клітку при кількості людського потоку в коридорі, осіб на $м^2$			
			до 2	більше 2 до 3	більше 3 до 4	більше 4 до 5
Між двома виходами назовні або сходовими клітками	А, Б	I, II, IIIа	60	50	40	35
	В	I, II, III, IIIа, IIIб, IV V	120 85 60	95 65 50	80 55 40	65 45 35
	Г, Д	I, II, III, IIIа, IIIб, IV V	180 125 90	140 100 70	120 85 60	100 70 50
В тупиковий коридор	Незалежно від категорії	I, II, III, IIIа, IIIб, IV V	30 20 15	25 15 10	20 15 10	15 10 8

Примітка. Щільність людського потоку в коридорі визначається як відношення кількості людей, що евакуюються з приміщень у коридор, до площі цього коридору.

Ширина евакуаційного виходу (дверей) із приміщень визначається в залежності від загальної кількості людей, які евакуюються через цей вихід та кількості людей на 1 *м* ширини виходу (дверей) згідно з даними, які подано в табл. 8.16.

Таблиця 8.16

Кількість людей на 1 *м* ширини евакуаційного виходу (дверей)

Об'єм приміщення, тис. $м^3$	Категорія приміщення	Ступінь вогнестійкості будівлі	Кількість людей на 1 *м* ширини евакуаційного виходу (дверей), осіб
До 15	А, Б	I, II, IIIа	45
	В	I, II, III, IIIа, IIIб, IV V	110 75 55
30	А, Б	I, II, IIIа	65
	В	I, II, III, IIIа, IIIб, IV	155 110
40	А, Б	I, II, IIIа	85
	В	I, II, III, IIIа, IIIб, IV	175 120
50	А, Б	I, II, IIIа	130
	В	I, II, III, IIIа, IIIб	195 135
60 і більше	А, Б	I, II, IIIа	150
60	В	I, II, III, IIIа, IIIб	220 155
80 і більше	В	I, II, III, IIIа	260
Незалежно від об'єму	Г, Д	I, II, III, IIIа, IIIб, IV V	260 180 130

Ширину евакуаційного виходу (дверей) із коридора назовні або на сходову клітку необхідно приймати в залежності від загальної кількості людей, які евакуюються через цей вихід та кількості людей на 1 *м* ширини виходу (дверей), встановленої табл. 8.17, однак не менше 0,8 *м*.

Таблиця 8.17

Кількість людей на 1 *м* ширини евакуаційного виходу (дверей) з коридору

Категорія приміщення	Ступінь вогнестійкості будівлі	Кількість людей на 1 *м* ширини евакуаційного виходу (дверей) з коридору, осіб
1	2	3
А, Б	I, II, IIIа	85

Продовження табл. 8.17

1	2	3
В	I, II, III, IIIа IIIб, IV V	175 120 85
Г, Д	I, II, III, IIIа IIIб, IV V	260 180 130

Ширину сходового маршу необхідно приймати не менше розрахункової величини евакуаційного виходу (дверей) із поверху з найбільш широкими дверима на сходову клітку, але не менше 1 *м*.

Евакуаційні шляхи (коридори, проходи, виходи, сходові марші та площадки, тамбури тощо) мають забезпечувати у випадку виникнення пожежі безпечну евакуацію всіх людей, які знаходяться в приміщеннях будівель і споруд, протягом необхідного часу евакуації (табл. 8.18).

Таблиця 8.18

Необхідний час евакуації (хв.) з виробничих будівель I, II і III ступенів вогнестійкості

Категорія будівлі	Об'єм приміщення, тис. $м^3$				
	до 15	30	40	50	60 і більше
А, Б, В	0,5 1,25	0,75 2	1 2	1,5 2,5	1,75 3
Г, Д	Не обмежується				

Для будівель IV ступеня вогнестійкості наведений у таблиці необхідний час евакуації зменшується на 30%, а для будівель V — на 50%.

Час, протягом якого всі люди можуть вийти з приміщення або з будівлі, визначається розрахунком і називається розрахунковим.

Для забезпечення безпечної евакуації людей з приміщень і будівель розрахунковий час евакуації $t_{РОЗРАХ}$ повинен бути меншим за необхідний час евакуації людей $t_{НЕОБХ}$: $t_{РОЗРАХ} \leq t_{НЕОБХ}$.

Розрахунковий час евакуації людей з приміщень і будівель визначають виходячи з довжини евакуаційного шляху та швидкості руху людських потоків на всіх відрізках шляху від найбільш віддалених місць до евакуаційних виходів.

Розрахунковий час евакуації людей $t_{РОЗРАХ}$ визначають як суму часу руху людського потоку на окремих відрізках шляху t_i за формулою:

$$t_{РОЗРАХ} = t_1 + t_2 + \ldots + t_i \text{ (хв.)} \qquad (8.24)$$

Час руху людського потоку на першому відрізку шляху:

$$t_1 = \frac{l_1}{v_1} \text{ (хв.)}, \tag{8.25}$$

де l_1 — довжина першого відрізка, *м*;

v_1 — величина швидкості руху людського потоку на першому відрізку, *м/с*.

Щільність потоку на цьому відрізку шляху D_1 визначається за формулою:

$$D_1 = \frac{N_1 f}{l_1 \delta_1} \ (м^2/м^2), \tag{8.26}$$

де N_1 — число осіб на першому відрізку;

f — середня площа горизонтальної проекції людини: дорослого в літньому одязі — 0,1; дорослого в зимовому одязі — 0,125; підлітка — 0,07 $м^2$;

δ_1 — ширина першого відрізка, *м*.

Значення швидкості v, а також інтенсивності руху людського потоку q залежно від його щільності D наведено в табл. 8.19.

Таблиця 8.19

Значення швидкості v та інтенсивності q руху людського потоку залежно від його щільності D

Щільність потоку, $м^2/м^2$	Горизонтальний шлях		Дверний отвір	Сходи вниз		Сходи вгору	
	швидкість, *м/хв*	інтенсивність, *м/*хв	інтенсивність, *м/*хв	швидкість, *м/хв*	інтенсивність, *м/*хв	швидкість, *м/хв*	інтенсивність, *м/*хв
0,01	100	1	1	100	1	60	0,6
0,05	100	5	5	100	5	60	3
0,1	80	8	8,7	95	9,5	53	5,3
0,2	60	12	13,4	68	13,6	40	8
0,3	47	14,1	16,5	52	15,6	32	9,6
0,4	40	16	18,4	40	16	26	10,4
0,5	33	16,5	19,6	31	15,5	22	11
0,6	27	16,2	19	24	14,4	18	10,8
0,7	23	16,1	18,5	18	12,6	15	10,5
0,8	19	15,2	17,3	13	10,4	13	10,4
0,9 і більше	15	13,5	8,5	8	7,2	11	9,9

Інтенсивність руху людського потоку

$$q = D \cdot v \ (м/хв \text{ або } осіб/хв). \tag{8.27}$$

Інтенсивність руху не залежить від ширини евакуаційного шляху і є функцією щільності.

Пропускна здатність потоку:

$$Q = D \cdot v \cdot \delta \ (м^2/хв). \tag{8.28}$$

Величину швидкості руху людського потоку v_i на наступних після першого відрізках шляху, приймають згідно табл. 8.14 в залежності від інтенсивності руху потоку. Інтенсивність руху потоку на кожному відрізку

$$q_i = \frac{q_{i-1}\delta_{i-1}}{\delta_i} \ (м/хв) \tag{8.29}$$

де δ_i, δ_{i-1} — ширина розглянутого i-го та безпосередньо перед ним $(i—1)$ відрізків шляху, $м$;

q_i, q_{i-1} — значення інтенсивності руху потоку на розглянутому i-му та безпосередньо перед ним $(i—1)$ відрізках шляху, $м/хв$.

Якщо q_i менше або рівне q_{max}, то час руху на відрізку шляху можна визначати за формулою:

$$t_1 = \frac{l_1}{v_1}.$$

При цьому значення q_{max} слід приймати рівним, $м/хв$:

— для горизонтальних шляхів	16,5
— для дверних отворів	19,6
— для сходів вниз	16
— для сходів вгору	11

Якщо значення q_i більше q_{max}, то ширину δ_i конкретного відрізка шляху слід збільшити так, щоб витримувалась умова $q_i \le q_{max}$.

Коли неможливо виконати дану умову інтенсивність та швидкість руху потоку на відрізку шляху „i“ визначають згідно табл. 8.19 при значенні $D = 0{,}9$.

При злитті на початку відрізку „i“ двох та більше людських потоків інтенсивність руху визначається за формулою:

$$q_i = \frac{\sum q_{i-1}\delta_{i-1}}{\delta_i} \ (м/хв), \tag{8.30}$$

де q_{i-1} — інтенсивність руху людського потоку при злитті на початку відрізка „i“, $м/хв$;

δ_{i-1} — ширина відрізка шляху до злиття, $м$;

δ_i — ширина розглянутого „i“ відрізка шляху, $м$.

Якщо значення q_i більше q_{max}, то ширину δ_i конкретного відрізка шляху слід збільшити.

Двері на шляхах евакуації відкриваються, як правило, назовні із приміщення, а дверні отвори робляться без порогів.

Всі будинки висотою від 10 до 20 $м$ обладнуються вертикальними зовнішніми металевими сходами (драбинами) шириною 0,6 $м$. При висоті будинків більше 20 $м$

влаштовуються похилі пожежні сходи шириною 0,7 *м* з нахилом не більше 6:1 та з проміжковими площадками, що знаходяться, як правило, біля вікна не менше як через 8 *м* по висоті. Пожежні сходи розташовують на віддалі по периметру будинку не більше 200 *м*.

Приклад 8.9. Механічний цех, який за вибухопожежною та пожежною небезпекою належить до категорії *Д*, має довжину $a = 120$ *м*, ширину $b = 60$ *м* та висоту $h = 10$ *м*. Цех розташований в одноповерховій будівлі, ступінь вогнестійкості якої IIIб. Один центральний поздовжній проїзд шириною 4,5 *м* та 6 поперечних проходів шириною 1,5 *м* поділяють цех на 8 дільниць (рис. 8.1). З обох сторін проїзду встановлені ворота з дверима для проходу людей, які в умовах вимушеної евакуації відіграють роль евакуаційних виходів. В найчисельнішій зміні працює 1000 осіб.

Визначити відповідність заходів щодо евакуації людей із приміщення механічного цеху встановленим нормам пожежної безпеки та розрахувати можливий час евакуації.

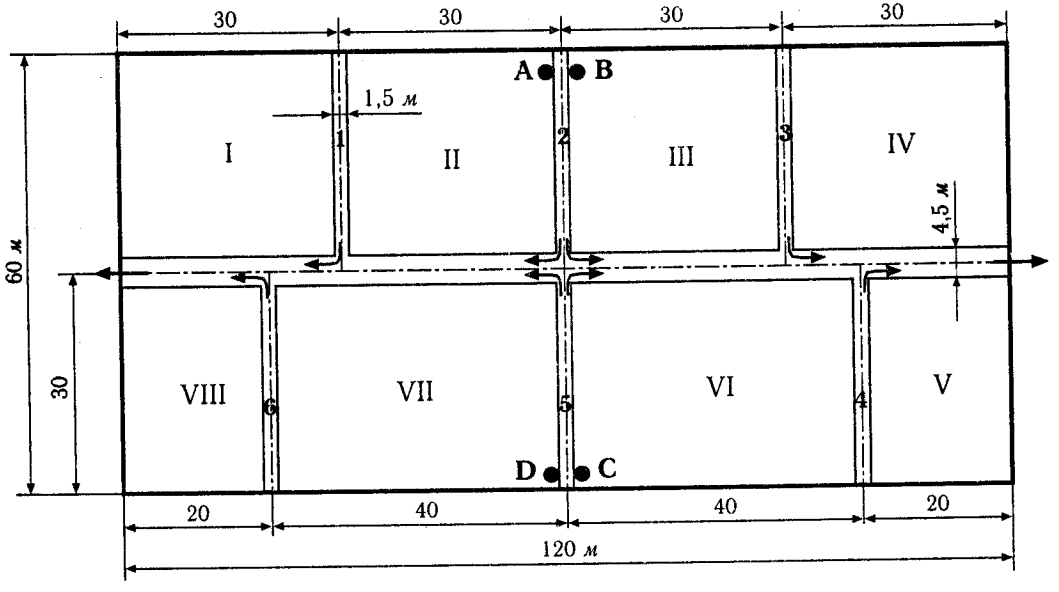


Рис. 8.1. Загальний схематичний план цеху

Приймаємо, що кількість працівників заводоуправління та інших цехів, які можуть опинитися в даному цеху за службовими потребами становить 5% від загального числа працівників цеху. Тоді загальна кількість працівників, які можуть знаходитись у цеху становить:

$1000 + 0{,}05 \cdot 1000 = 1050$ осіб.

Оскільки проходи 2 та 5 розділяють цех на дві половини з майже однаковою кількістю працівників, то приймаємо, що на один евакуаційний вихід припадає 525 осіб. Найвіддаленішими від евакуаційних виходів є робочі місця, умовно позначені на рис. 8.1 точками A, B, C, D.

Відстані від цих робочих місць до евакуаційних виходів однакові і становлять 90 *м* (30 + 60). Перевіримо, чи відповідає це значення нормативним даним, що регламентовані

СНиП 2.09.02.-85. Для цього визначимо щільність людського потоку в загальному проході Z. Оскільки на один прохід припадає 525 осіб, а його площа від найвіддаленіших робочих місць становить $60 \cdot 4,5 + 30 \cdot 1,5 = 315$ $м^2$, то $Z = 525/315 = 2,0$ $особи/м^2$.

Відповідно до СНиП 2.09.02-85 (табл. 8.14) максимально допустима відстань від найвіддаленішого робочого місця до евакуаційного виходу з приміщення при такому значенні Z та об'ємі цеху 72 000 $м^3$ становить 95 $м$. В нашому випадку ця вимога виконується.

Визначимо необхідну (мінімальну) ширину евакуаційного виходу, якщо відомо, що нормована кількість людей на 1 $м$ ширини такого виходу становить 180 осіб (табл. 8.16), а на кожен із виходів припадає 525 осіб:

$B = 525/180 = 2,9$ $м$.

У нашому випадку ширина воріт, яка рівна ширині проїзду і становить 4,5 $м$ відповідає цій вимозі.

Визначимо розрахунковий час евакуації з механічного цеху $t_{ЕВ.РОЗР.}$ врахувавши, що найбільшим він буде для людей, які працюють на найвіддаленіших робочих місцях. Оскільки на дільницях II та III працює відповідно 95 та 115 осіб, а на дільницях VI та VII — 130 та 140 осіб, то розрахунок проводимо для робочих місць C та D, попередньо прийнявши, що через прохід 5 буде виходити половина людей, які працюють на дільницях VI та VII (інші працівники цих дільниць будуть виходити через проходи 4 та 6). Таким чином

$$t_{ЕВ.РОЗР.} = t_1 + t_2,$$

де t_1 — час евакуації визначеної кількості працівників дільниць VI та VII по проходу 5, хв.;

t_2 — час евакуації працівників дільниць III, IV, V, VI по проїзду до виходу, хв.;

Визначимо щільність потоку людей у проході 5 (D_1) та в проїзді цеху (D_2) за формулою 8.26:

$$D_1 = \frac{N_1 f}{l_1 \delta_1} = \frac{(130/2 + 140/2) \cdot 0,125}{30 \cdot 1,5} = 0,36 \ (м^2/м^2);$$

$$D_2 = \frac{N_2 f}{l_2 \delta_2} = \frac{525 \cdot 0,125}{60 \cdot 4,5} = 0,24 \ (м^2/м^2).$$

Скориставшись одержаними значеннями визначаємо за табл. 8.19 швидкість потоку людей в проході 5 ($v_1 = 40$ $м/хв$) та проїзді цеху ($v_2 = 47$ $м/хв$).

Визначаємо значення t_1 та t_2:

$$t_1 = \frac{l_1}{v_1} = \frac{30}{40} = 0,75 \text{ хв.};$$

$$t_2 = \frac{l_2}{v_2} = \frac{60}{47} = 1,27 \text{ хв.}$$

Таким чином, розрахунковий час евакуації людей із механічного цеху становить близько 2 хв., необхідний же час евакуації при заданих умовах не обмежується (табл. 8.18).

8.5. ПЕРВИННІ ЗАСОБИ ПОЖЕЖОГАСІННЯ

8.5.1. ПРИЗНАЧЕННЯ Й ВИДИ ПЕРВИННИХ ЗАСОБІВ ПОЖЕЖОГАСІННЯ

Первинні засоби пожежогасіння призначені для ліквідації невеликих осередків пожеж, а також для гасіння пожеж у початковій стадії їхнього розвитку силами персоналу об'єкта до прибуття штатних підрозділів пожежної охорони.

До первинних засобів пожежогасіння відносяться: вогнегасники, пожежний інвентар (бочки з водою, пожежні відра, ящики з піском, совкові лопати, протипожежні покривала) та пожежний інструмент (гаки, ломи, сокири тощо).

Вогнегасники та пожежний інвентар повинні мати червоне пофарбування, а бочки з водою та ящики з піском ще й відповідні написи білою фарбою. Пожежний інструмент фарбується у чорний колір.

Бочки для зберігання води з метою пожежогасіння встановлюються у виробничих, складських та інших приміщеннях, будівлях та спорудах у разі відсутності внутрішнього протипожежного водогону та за наявності горючих матеріалів, а також на території підприємств. Їх кількість у приміщеннях визначається з розрахунку установки однієї бочки, місткістю не менше 0,2 $м^3$ на 250—300 $м^2$ захищуваної площі. Такі бочки повинні бути укомплектовані пожежним відром місткістю не менше 8 *л*.

Ящики для піску повинні мати місткість 0,5, 1,0 або 3,0 $м^3$ та бути укомплектовані совковою лопатою.

Протипожежні покривала, виготовлені з негорючого теплоізоляційного полотна, грубововняної тканини або повсті, повинні мати розмір не менш як 1х1 *м*. Вони призначені для гасіння невеликих осередків пожеж у разі займання речовин, горіння яких не може відбуватись без доступу повітря. У місцях застосування та зберігання ЛЗР та ГР розміри покривал збільшуються до 2х1 *м* та 2х2 *м*.

На виробництвах досить часто як первинні засоби пожежогасіння використовують вогнегасники, які відзначаються високою ефективністю дії. Залежно від речовин, що входять до заряду вогнегасників, останні поділяються на такі типи:

1. Пінні:

1.1. Хімічно-пінні: ВХП-10, ВП-9ММ;

1.2. Повітряно-пінні: ВПП-5Д, ВПП-9, ВПП-10, ВХПП-10, ВПП-100, ВППУ-250;

2. Газові:

2.1. Вуглекислотні: ВВ-2, ВВ-5, ВВ-8, ВВ-25, ВВ-80, ВВ-400;

2.2. Аерозольні (хладонові): ВАХ, ВВБ-3А, ВХ-3, ВХ-7;

3. Порошкові: ВП-1, ВП-1В, ВП-2, ВПУ-2, ВП-2В, ВП-5, ВП-9, ВП-10А, ВП-100;

4. Комбіновані (піна—порошок): ВК-100.

За кількістю вогнегасної речовини вогнегасники випускаються двох видів: переносні (об'єм корпусу 1—10 *л*) та пересувні. Вогнегасники, призначені для доставки до місця пожежі вручну, повинні важити не більше 20 *кг*. Пересувні вогнегасники встановлюються на спеціальних пристроях, що обладнані колесами.

Основні характеристики переносних та пересувних вогнегасників, які найчастіше встановлюються на прмислових підприємствах, наведемо в табл. 8.20.

Таблиця 8.20

Технічні характеристики переносних і пересувних вогнегасників

Тип вогнегасника	Вогнегасна спроможність (площа гасіння приведеного або модельного осередку, $м^2$) щодо класів пожеж		Час приведення в дію (не більше), с	Тривалість подавання вогнегасної речовини (мінімальна), с	Довжина струменя вогнегасної речовини (мінімальна), *м*	Маса вогнегасника (повна), *кг*	Діапазон температур експлуатації, °С
	А	В					
Переносні вогнегасники							
ВПП-10	4,78	1,76	5	45±5	4,5	15,5	+5...+50
ВХПП-10	4,7	1,1	5	50±10	5,0	14,0	+5...+45
ВХП-10	4,7	1,1	5	60±5	6,0	14,0	+5...+45
ВВ-8	2,8	0,65	5	20	5,5	20,0	—40...+50
ВВ-5	0,9	0,41	5	15	4,5	13,5	—40...+50
ВВ-2	—	0,41	5	15	1,5	7,0	—40...+50
ВХ-3	2,8	0,7	5	20	3,0	7,1	—60...+55
ВП-10(3)	25,34	5,75	5	14±2	4,0	17,2	—20...+50
ВП-5-02	7,59	1,76	5	15±3	5,0	9,5	—50...+50
ВП-2-01	4,78	0,41	5	10±2	2,5	3,7	—40...+50
Пересувні вогнегасники							
ВПП-100	40,29	6,5	10	90±10	6,5	155	5...50
ВП-100	83,27	7,10	10	45—60	11,0	180	—35...+50
ВК100	35	12	10	40	8,0	190	5...50
ВВ-25	4,78	2,27	5	20	6,0	73	—40...50
ВВ-80	12,26	4,52	5	50	6,0	245	—40...50

Пінні вогнегасники призначені для гасіння ЛЗР, ГР та твердих горючих матеріалів, за винятком лужних і лужноземельних металів та їх карбідів, а також електроустановок, що знаходяться під напругою, оскільки до складу піни входить вода. Беручи до уваги той факт, що хімічна піна може володіти певною агресивністю, то її не бажано використовувати для гасіння цінного устаткування та матеріалів.

Газові вогнегасники застосовують для гасіння рідких та твердих горючих матеріалів (за винятком тих, що можуть горіти без доступу повітря), установок під

напругою, а також у випадках, коли застосування води чи піни не дає дієвого ефекту, або воно є небажаним (у музеях, картинних галереях, архівах тощо). Вуглекислотні вогнегасники не можна використовувати для гасіння гідрофільних ЛЗР (спирт, ацетон і т. п.), в яких CO_2 добре розчиняється, а також тліючих речовин, оскільки відсутнє змочування.

Порошкові вогнегасники призначені для гасіння ЛЗР та ГР, тліючих матеріалів (бавовни, текстилю, ізоляційних матеріалів тощо), лужних та лужноземельних металів та їх карбідів, електроустановок під напругою. Діапазон використання порошкового вогнегасника обумовлюється видом порошка, що знаходиться в ньому.

8.5.2. ОСНАЩЕННЯ ОБ'ЄКТІВ ПЕРВИННИМИ ЗАСОБАМИ ПОЖЕЖОГАСІННЯ

Визначення видів та кількості первинних засобів пожежогасіння слід проводити з врахуванням фізико-хімічних та пожежонебезпечних властивостей горючих речовин, їх взаємодії з вогнегасними речовинами, а також розмірів площ виробничих приміщень, відкритих майданчиків та установок. Необхідну кількість первинних засобів пожежогасіння визначають окремо для кожного поверху та приміщення, а також для етажерок відкритих установок. У випадку, коли в одному приміщенні знаходяться декілька різних за пожежною небезпекою виробництв, не відділених один від одного протипожежними стінами, то всі ці дільниці забезпечують вогнегасниками, пожежним інвентарем та іншими видами засобів пожежогасіння за нормами найбільш небезпечного виробництва.

Як правило пожежний інвентар з пожежним інструментом та вогнегасниками розміщується на спеціальних пожежних щитах (стендах). Такі щити (стенди) відповідно до „Правил пожежної безпеки в Україні" встановлюються на території об'єкта з розрахунку один щит (стенд) на площу 5000 $м^2$. До комплекту засобів пожежогасіння, які розміщуються на ньому, слід включити: вогнегасники — 3 шт., ящик з піском — 1 шт., пожежне покривало розміром 2х2 *м* — 1 шт., гаки — 3 шт., лопати — 2 шт., ломи — 2 шт., сокири — 2 шт. Ящик з піском, що є елементом конструкції пожежного щита (стенду) повинен мати вмістимість не менше 0,1 $м^3$ та виключати попадання в нього опадів.

8.5.3. ВИБІР ТИПУ ТА ВИЗНАЧЕННЯ НЕОБХІДНОЇ КІЛЬКОСТІ ВОГНЕГАСНИКІВ

Необхідна кількість вогнегасників та їх тип визначаються залежно від їх вогнегасної спроможності, граничної захищуваної площі, категорії приміщень за вибухопожежною та пожежною небезпекою, а також класу пожежі, горючих речовин та матеріалів у приміщенні або на об'єкті. Відповідно до міжнародного стандарту (ISO №3941-77) всі пожежі поділяються на 5 класів (табл. 8.21).

Таблиця 8.21

Класифікація пожеж

Клас пожежі	Характеристика горючих речовин та матеріалів або об'єкта, що горить
A	Тверді речовини, переважно органічного походження, горіння яких супроводжується тлінням (деревина, текстиль, папір).
B	Горючі рідини або тверді речовини, які розтоплюються при нагріванні (нафтопродукти, спирти, каучук, стеарин, деякі синтетичні матеріали).
C	Горючі гази.
D	Метали та їх сплави (алюміній, магній, лужні метали).
(E)	Устаткування під напругою.

Вибір типу та визначення необхідної кількості вогнегасників для оснащення приміщень первинними засобами пожежогасіння проводиться на підставі рекомендацій, наведених в табл. 8.22 та 8.23. Вид вогнегасника (переносний чи пересувний) приймається залежно від розмірів можливих осередків пожеж. При збільшених розмірах останніх рекомендується використовувати пересувні вогнегасники. Якщо на об'єкті можливі комбіновані осередки пожеж, то перевага у виборі вогнегасника віддається більш універсальному щодо застосування.

Таблиця 8.22

Рекомендації щодо оснащення приміщень переносними вогнегасниками

Категорія приміщення	Гранична захищувана площа, $м^2$	Клас пожежі	Пінні та водні вогнегасники місткістю 10 л	Порошкові вогнегасники місткістю, л			Хладонові вогнегасники місткістю 2 (3) л	Вуглекислотні вогнегасники місткістю, л	
				2	5	10		2 (3)	5 (8)
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
А, Б (горючі гази і рідини)	200	A	2++	—	2+	1++	—	—	—
		B	4+	—	2+	1++	4+	—	—
		C	—	—	2+	1++	4+	—	—
		D	—	—	2+	1++	—	—	—
		(E)	—	—	2+	1++	—	—	2++
B	400	A	2++	4+	2++	1+	—	—	2+
		D	—	—	2+	1++	—	—	—
		(E)	—	—	2++	1+	2+	4+	2++

Продовження табл. 8.22

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Г	800	B C	2+ —	— 4+	2++ 2++	1+ 1+	— —	— —	— —
Г, Д	1800	A D (E)	2++ — —	4+ — 2+	2++ 2+ 2++	1+ 1++ 1+	— — 2+	— — 4+	— — 2++
Громадські будівлі та споруди	800	A (E)	4++ —	8+ —	4++ 4++	2+ 2+	— 4+	— 4+	4+ 2++

Таблиця 8.23

Рекомендації щодо оснащення приміщень пересувними вогнегасниками

Категорія приміщення	Гранична захищувана площа, $м^2$	Клас пожежі	Повітро-пінні вогнегасники місткістю 100 *л*	Комбіновані вогнегасники (піна—порошок) міскістю 100 *л*	Порошкові вогнегасники місткістю 100 *л*	Вуглекислотні вогнегасники місткістю, *л*	
						25 (40)	80
А, Б, В (горючі гази і рідини)	500	A B C D (E)	1++ 2+ — — —	1++ 1++ 1+ — —	1++ 1++ 1++ 1++ 1+	— — — — 2+	3+ 3+ 3+ — 1++
В (крім горючих газів і рідин)	800	A B C D (E)	1++ 2+ — — —	1++ 1++ 1+ — —	1++ 1++ 1++ 1++ 1+	4+ — — — 1+	2+ 3+ 3+ — 1+

Примітки до таблиць 8.22 та 8.23:

1. Максимальні площі можливих осередків пожеж класів А і В у приміщеннях, в яких передбачається використання вогнегасників, не повинні перевищувати вогнегасної спроможності використовуваних вогнегасників.

2. Для гасіння пожеж різних класів порошкові і комбіновані вогнегасники повинні мати відповідні заряди: для класу А — порошок АВС(Е); для класів В, С та (Е) — ВС(Е) або АВС (Е) і для класу D — Д.

3. Позначення знаків: „++“ — вогнегасники, рекомендовані до оснащення об'єктів; „+“ — вогнегасники, застосування яких дозволяється в разі відсутності рекомендованих вогнегасників та за наявності відповідного обгрунтування; „—“ — вогнегасники, котрі не допускаються для оснащення об'єктів.

Вибираючи вогнегасники необхідно врахувати відповідність його температурних меж використання кліматичним умовам експлуатації приміщень, будівель та споруд.

Приміщення з ЕОМ, телефонних станцій, музеїв, архівів тощо рекомендується оснащувати вуглекислотними вогнегасниками, які не допускають псування обладнання під час їх застосування. Визначення кількості таких вогнегасників та їх місткості необхідно проводити з урахуванням гранично допустимої концентрації CO_2 в приміщенні.

Виробничі приміщення категорії Д, а також такі, що містять негорючі речовини й матеріали, можуть не оснащуватися вогнегасниками, якщо їх площа не перевищує 100 $м^2$. Приміщення, обладнані автоматичними стаціонарними установками пожежогасіння, забезпечуються вогнегасниками на 50% від їх розрахункової кількості.

Відстань від можливого осередку пожежі до місця розташування вогнегасника не повинна перевищувати 20 *м* для громадських будівель та споруд; 30 *м* — для приміщень категорій А, Б, В (горючі гази та рідини); 40 *м* — для приміщень категорій В, Г; 70 *м* — для приміщень категорій Д.

Приклади визначення типу та необхідної кількості вогнегасників.

Приклад 8.10. Механічний цех, в якому встановлені металорізальні верстати займає площу 3200 $м^2$.

Оскільки в цеху здійснюється механічне оброблення металів у холодному стані то приміщення цеху належить до категорії Д за вибухопожежною та пожежною небезпекою. В цеху можливе займання електродвигунів верстатів, тому клас можливої пожежі буде Е. Виходячи з площі цеху та даних табл. 8.22 визначаємо, що для захисту механічного цеху необхідно встановити в ньому чотири вуглекислотні або стільки ж порошкових вогнегасників місткістю 5 *л*. Беручи до уваги те, що осередками можливої пожежі є електродвигуни верстатів вибираємо в кінцевому рахунку чотири вуглекислотні вогнегасники типу ВВ-5. Відстань між вогнегасниками та місцем можливого займання становить не більше 70 *м*.

Приклад 8.11. Складальний цех меблевої фабрики займає площу 720 $м^2$.

Так як в приміщенні цеху знаходяться тверді горючі матеріали (дерев'яні заготовки, з яких складають меблі), то воно належить до категорії В. Клас можливої пожежі — А. На основі табл. 8.22 випливає, що для захисту даного цеху потрібно не менше чотирьох пінних вогнегасників місткістю 10 *л*. Рівноцінний захист забезпечується також чотирма порошковими вогнегасниками місткістю 5 *л*. Відстань між вогнегасниками та місцем можливого займання не повинна перевищувати 40 *м*.

Приклад 8.12. Склад ЛЗР площею 290 $м^2$.

Категорія приміщення складу ЛЗР — А, а клас можливої пожежі — В. Враховуючи наявність великої кількості ЛЗР, а відтак значні розміри осередку можливої пожежі доцільно встановлювати у даному приміщенні пересувний повітряно-пінний вогнегасник ВПП-100. При цьому не порушується вимога стосовно того, що відстань від можливого осередку пожежі до місця розташування вогнегасника не повинна перевищувати 30 *м*.

Приклад 8.13. Дільниця комп'ютерного складання видавництва займає площу 320 $м^2$. Категорія приміщення — В, оскільки в ньому знаходяться тверді горючі матеріали

(папір, полімерні плівки). Клас можливої пожежі — А. Згідно даних таблиці 8.22 приміщення, що розглядається рекомендується оснастити двома пінними вогнегасниками місткістю 10 *л*, або двома порошковими вогнегасниками місткістю 5 *л*. Однак з огляду на мінімальне псування комп'ютерної техніки під час гасіння пожежі бажано для захисту приміщення дільниці встановити в ньому два вуглекислотні вогнегасники типу ВВ-5.

8.6. ПОЖЕЖНА СИГНАЛІЗАЦІЯ

8.6.1. УСТАНОВКИ ПОЖЕЖНОЇ СИГНАЛІЗАЦІЇ

Своєчасне виявлення ознак займання і виклик пожежних підрозділів дає можливість швидко локалізувати осередки пожежі та провести заходи щодо її ліквідації, а відтак дозволить суттєво зменшити обсяги заподіяної шкоди. Найбільш швидким та надійним засобом сповіщення про виникнення пожежі вважаються установки електричної пожежної сигналізації (ЕПС). Залежно від схеми з'єднання розрізняють променеві (радіальні) та кільцеві установки ЕПС (рис. 8.2).

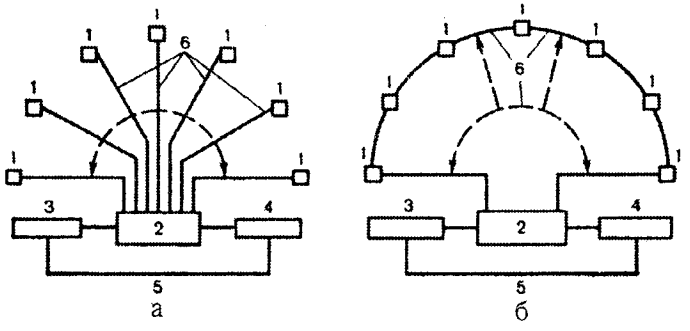


Рис. 8.2. Схема з'єднання в установках ЕПС:
а — променевих; б — кільцевих

Установки ЕПС складаються з таких основних частин: пожежних сповіщувачів *1*, які встановлюються в захищуваних приміщеннях; приймально-контрольного приладу (пульта) *2*; блоків живлення від електромережі *3* та акомулятора *4* (резервний); системи переключення з одного живлення на інше *5*; електропровідної мережі *6*, що з'єднує пожежні сповіщувачі з приймально-контрольним приладом.

За необхідності, в установках ЕПС передбачаються контактні (безконтактні) елементи для видачі команд у схеми керування автоматичними установками пожежогасіння, димовловлення, оповіщення про пожежу, вентиляції, технологічного та електротехнічного устаткування об'єкта.

Приймально-контрольні прилади, як правило, встановлюють у приміщеннях з цілодобовим перебуванням чергового персоналу, що знаходяться на першому або цокольному поверхах будівлі. Не допускається встановлювати приймально-контрольні прилади у вибухонебезпечних і пожежонебезпечних приміщеннях відповідно до ПВЕ. Резерв ємності приймально-контрольних приладів (шлейфів пожежної

сигналізації) повинен бути не менше ніж 10%. На підприємствах можуть встановлюватись різні типи приймально-контрольних приладів, що випускаються промисловістю. Широке застосування знаходять концентратори приймально-контрольні пожежні КПКОП „Топаз" на 10, 30 та 50 сповіщувачів, прилади приймально-контрольні ППКОП 051-4-1 „Сигнал-43", ППКОП 041-4-1 „Сигнал-44", пульти приймально-контрольні ППК-1, ППК-2, ППК-2-1, ППК-2-2 відповідно на 10, 20, 40 та 60 ліній. За наявності технічної можливості сигнали від приймально-контрольних приладів виводять на пульти централізованого нагляду пожежної охорони.

В установках ЕПС можуть встановлюватись адресовані та неадресовані пожежні сповіщувачі. Неадресованим вважається автоматичний сповіщувач, який реагує на фактори, що супроводжують пожежу в місці його встановлення та формує сигнал про виникнення пожежі в захищуваному приміщенні без зазначення свого номера (адреси). Адресований сповіщувач постійно або періодично активно формує сигнал про стан пожежонебезпечності в захищуваному приміщенні та власну працездатність із зазначенням свого номера (адреси). Неадресовані пожежні сповіщувачі належить включати в установки ЕПС променевого типу, при цьому адреси займання визначаються номером шлейфа, за яким одержаний сигнал „Пожежа". Одним шлейфом пожежної сигналізації з неадресованими сповіщувачами обладнують:

— приміщення в межах декількох поверхів при загальній площі будівлі 300 $м^2$ і менше;

— не більше п'яти суміжних або ізольованих приміщень загальною площею не більше 1600 $м^2$, що розташовані на одному поверсі виробничої будівлі і мають вихід у спільний коридор (приміщення);

— не більше десяти, а за наявності виносної світлової індикації біля входу в захищуване приміщення, не більше двадцяти суміжних або ізольованих приміщень загальною площею не більше 1600 $м^2$, що розташовані на одному поверсі громадських, адміністративних та побутових будівель і мають вихід у спільне приміщення (коридор, хол, вестибюль).

Максимальна кількість неадресованих автоматичних пожежних сповіщувачів, що включаються в один шлейф, визначається вимогами технічної документації на приймально-контрольні прилади, залежить від зручності їх обслуговування при експлуатації і, як правило, не перевищує 50.

Адресовані пожежні сповіщувачі можуть включатись в установки ЕПС як променевого, так і кільцевого типу. Кількість приміщень, що обладнані одним шлейфом з адресованими сповіщувачами обмежується лише технічними можливостями приймально-контрольних приладів.

В одному приміщенні належить встановлювати не менше двох неадресованих або один адресований пожежний сповіщувач.

8.6.2. ВИДИ ПОЖЕЖНИХ СПОВІЩУВАЧІВ

Одним із основних елементів установок ЕПС є пожежні сповіщувачі. Розрізняють сповіщувачі ручної та автоматичної дії. Ручні пожежні сповіщувачі (рис. 8.3 а) приводяться в дію натискуванням на кнопку. Вони, як правило, використовуються для подачі сигналу про пожежу з території підприємства. Всередині

будівлі вони можуть використовуватись як додатковий технічний засіб автоматичної пожежної сигналізації. У технічно-обгрунтованих випадках допускається встановлювати їх як основний засіб, що сигналізує про пожежу. Ручні пожежні сповіщувачі встановлюються на стінах і конструкціях на висоті 1,5 *м* від підлоги (землі) в легкодоступних місцях.

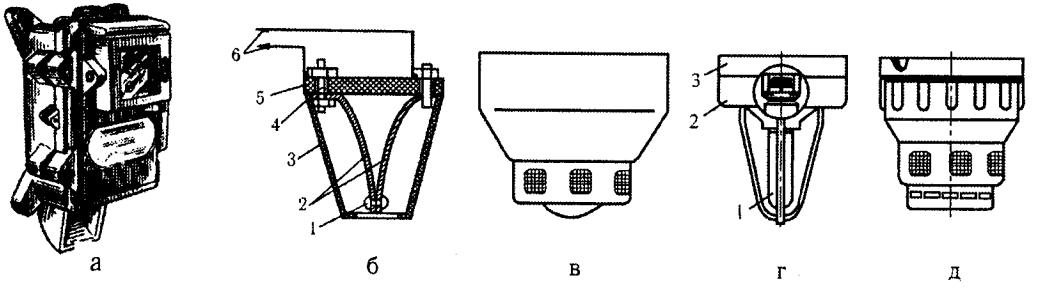


Рис. 8.3. Пожежні сповіщувачі:
а — ручний ПКОП-1; б — тепловий ДТЛ: 1 — легкоплавкий сплав; 2 — пластинки (2); 3 — корпус; 4 — гвинти кріплення; 5 — цоколь; 6 — ланцюг сигналізації; в — димовий ДИП-1; 2 — світловий СИ-1: 1 — лічильник фотонів; 2 — кришка; 3 — основа; д — комбінований КИ-1

Автоматичні пожежні сповіщувачі реагують на фактори, що супроводжують пожежу: підвищення температури, дим, полум'я.

Теплові автоматичні пожежні сповіщувачі за принципом дії підрозділяються на: максимальні, які спрацьовують при досягненні певного значення температури в приміщенні; диференційні, які реагують на швидкість наростання градієнта температури; максимально-диференційні, які спрацьовують від тої чи іншої превалюючої зміни температури. Завдяки простоті конструкції широкого розповсюдження набув сповіщувач (давач) тепловий легкоплавкий ДТЛ (рис. 8.3 б). При підвищенні температури легкоплавкий сплав *1* розплавляється і пружинні пластинки *2*, розмикаючись, подають сигнал у ланцюг сигналізації. В табл. 8.24 наведені основні характеристики деяких теплових сповіщувачів.

Таблиця 8.24

Основні характеристики деяких теплових сповіщувачів

№ зп.	Параметр	Тип теплового сповіщувача				
		ДТЛ	ИТМ	ПОСТ-1,2	МДПИ-028	ИП 105-2/1
1	Температура спрацювання, ^{0}C	72	70±7	50,70	70	70±7
2	Інерційність спрацювання, *с* (не більше)	120	120	60,90	60	120
3	Захищувана площа, $м^2$	15	15	25	30	15

Дія димових автоматичних пожежних сповіщувачів базується на двох основних методах виявлення диму — фотоелектричному та радіоізотопному. Сповіщувачі димові фотоелектричні ИДФ, ДИП та ИДП виявляють дим шляхом реєстрації зниження оптичної щільності середовища.

Димові фотоелектричні сповіщувачі поділяються на точкові, які подають сигнал тривоги при появі диму в місці їх встановлення та лінійні, які працюють за принципом реєстрації розсіювання світлового променя між приймаючим елементом та випромінюючим, що встановлені на оптичній осі.

В радіоізотопному сповіщувачі диму РИД як чутливий елемент використовується іонізаційна камера з джерелом випромінювання. Збільшення вмісту диму понижує ступінь іонізації в камері, що й реєструється сповіщувачем. В табл. 8.25 наведені основні характеристики деяких димових сповіщувачів.

Таблиця 8.25

Основні характеристики деяких димових сповіщувачів

№ зп.	Параметр	Тип димового сповіщувача				
		ИДФ-М	ДИП-1	ИДП-2	РИД-1	РИД-6
1	Інерційність спрацювання, *с* (не більше)	30	5	5	10	10
2	Захищувана площа, $м^2$	100	150	85	150	150
3	Габарити (діаметр, висота), *мм*	125x97	90x60	120x55	93x135	140x90

Світлові автоматичні пожежні сповіщувачі СИ-1, ДПИД, АИП реєструють випромінювання полум'я в ультрафіолетовій чи інфрачервоній частинах спектру, тому їх називають також сповіщувачами полум'я. Чутливими елементами у таких сповіщувачів служать різноманітні фотоприймачі. Основні технічні характеристики світлового сповіщувача ДПИД наведені в табл. 8.26.

Таблиця 8.26

Основні технічні характеристики світлового сповіщувача ДПИД

№ зп	Параметр	Значення параметра
1	Кут огляду давача, градусів	60
2	Чутливість давача, *м*:	
	до спалахування чорного пороху 2 *г*	5
	до спалахування чорного пороху 10 *г*	20
	до спалахування гасу площею 300 $см^2$	3
3	Габарити, *мм*	63x180
4	Допустима освітленість у площі вікна давача, *лк* (не більше):	
	розсіяним сонячним світлом	1000
	від ламп розжарювання	300
	від люмінесцентних ламп	4000

Все ширше застосування знаходять комбіновані сповіщувачі (КИ), що контролюють відразу кілька показників, наприклад, температуру та дим, а також ультразвукові сповіщувачі (ДУЗ-4), які реагують на зміну характеристик ультразвукового поля в захищуваному приміщенні. Завдяки високій чутливості ультрозвукові сповіщувачі (давачі) можуть поєднувати пожежні та охоронні функції.

8.6.3. ВИБІР АВТОМАТИЧНИХ ПОЖЕЖНИХ СПОВІЩУВАЧІВ

Вид автоматичного пожежного сповіщувача обирають з урахуванням призначення захищуваних приміщень, пожежної характеристики матеріалів, що в них знаходяться, первинних ознак пожежі та умов експлуатації. Рекомендований вид автоматичних пожежних сповіщувачів у залежності від призначення приміщень наведено в табл. 8.27.

Таблиця 8.27

Рекомендований вид автоматичних пожежних сповіщувачів у залежності від призначення приміщень

Перелік характерних приміщень, виробництв, технологічних процесів	Рекомендований вид автоматичного пожежного сповіщувача
1	2
1. Виробничі будівлі:	
1.1. З виробництвом та зберіганням:	
— виробів з деревини, синтетичних смол або волокон, полімерних матеріалів, текстильних, трикотажних, швейних, шкіряних, взуттєвих, хутряних, целюлозно-паперових виробів, целулоїду, гуми, каучуку, бавовни, горючих рентгенівських, кіно- і фотоплівок;	тепловий або димовий
— лаків, фарб, розчинників, ЛЗР, ГР, мастильних матеріалів, хім. реактивів, спиртогорілчаної продукції;	тепловий або полум`я
— лужних металів, металевих порошків, каучуку природного;	полум`я
— борошна, комбікормів і інших продуктів та матеріалів з виділенням пилу.	тепловий
1.2. З виробництвом:	
— паперу, картону, шпалер, тваринницької та птахівницької продукції.	тепловий або полум`я
1.3. Із зберіганням:	
— негорючих матеріалів у горючій упаковці, твердих горючих матеріалів.	тепловий або димовий
2. Спеціальні споруди:	
— приміщення (споруди) для прокладання кабелів, приміщення для трансформаторів, розподільних пристроїв та щитові;	тепловий або димовий
— приміщення ЕОМ, електронних регуляторів, керуючих машин, АТС, радіоапаратних;	димовий
— приміщення для обладнання і трубопроводів з перекачування горючих рідин і мастил, для випробування двигунів внутрішнього згорання і паливної апаратури, наповнення балонів горючими газами;	тепловий або полум`я
— приміщень підприємств з обслуговування автомобілів.	тепловий або димовий

Продовження табл. 8.27

1	2
3. Адміністративні, побутові і громадські будівлі та споруди:	
— зали для глядачів, читальні і конференц-зали, реставраційні майстерні, фойє, холи, коридори, гардеробні, книгосховища, архіви, фотолабораторії, приміщення з персональними комп`ютерами;	димовий
— адміністративно-господарські приміщення, машинолічильні станції, пульти керування, передпокої житлових приміщень;	тепловий або димовий
— лікарняні палати, приміщення підприємств торгівлі, громадського харчування і побутового обслуговування, службові кімнати, житлові приміщення готелів і гуртожитків;	тепловий
— приміщення музеїв і виставок та підпідлогові простори приміщень з персональними комп`ютерами.	димовий або полум`я

Примітка. Вказаний першим вид сповіщувача є пріоритетним.

При виборі димових сповіщувачів не рекомендується використовувати радіоізотопні сповіщувачі в приміщеннях з довготривалим перебуванням людей (лікарні, санаторії та інші оздоровчі заклади), жилих приміщеннях готелів і гуртожитків.

Забороняється встановлення радіоізотопних сповіщувачів у житлових будинках і дитячих закладах.

8.6.4. РОЗМІЩЕННЯ АВТОМАТИЧНИХ ПОЖЕЖНИХ СПОВІЩУВАЧІВ

Розміщення автоматичних пожежних сповіщувачів обумовлюється необхідністю виявлення займання по всій площі приміщення (пожежонебезпечних зон), що підлягає захисту. Точкові пожежні сповіщувачі рекомендується розташовувати в приміщенні за схемами трикутного або квадратного розміщення (рис. 8.4).

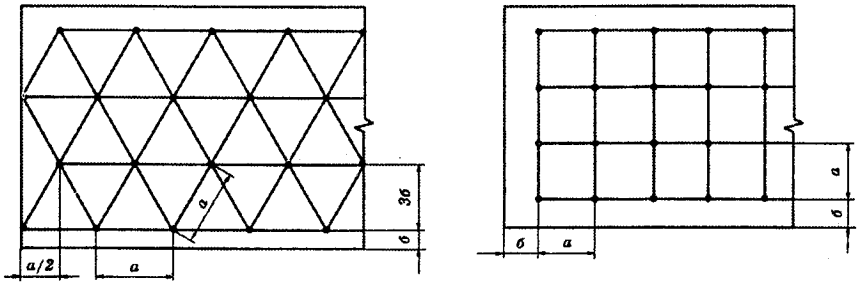


Рис. 8.4. Схеми трикутного та квадратного розміщення сповіщувачів:
а — відстань між сповіщувачами; б — відстань від стіни до сповіщувача

Сповіщувачі встановлюються, як правило, під покриттям (перекриттям). В окремих випадках допускається їх встановлення на стінах, балках, колонах, а також підвішування

на тросах, за умови їх розміщення на відстані не більше 0,3 *м* від рівня покриття (перекриття) і не менше 0,6 *м* від отворів вентиляції. При розміщенні точкових сповіщувачів необхідно враховувати додаткове встановлення сповіщувачів:

— у кожному відсіку покриття (перекриття) завширшки 0,75 *м* і більше, що утворено суцільними будівельними конструкціями (балками, прогонами, ребрами плит і т. ін.), які відступають від площини покриття (перекриття) на 0,30 *м* і більше, а за наявності на стелі частин, які виступають, від 0,15 до 0,30 *м* максимальну відстань між сповіщувачами та від сповіщувачів до стін належить зменшувати в поперечному до виступних частин напрямі: при глибині від 0,15 до 0,20 *м* — на 15%, а при глибині від 0,21 до 0,29 *м* — на 25%;

— під технологічними площадками, вентиляційними коробами завширшки або діаметром 0,75 *м* і більше, що мають суцільну конструкцію і віддалені по нижній відмітці від площини покриття (перекриття) на відстані більше 0,30 *м* і не менше 0,70 *м* від площини підлоги;

— у заглибленнях покриття (перекриття) розміром у перерізі більше 0,75х0,75 *м* і завглибшки більше 0,30 *м*;

— у кожному відсіку приміщення, утвореному штабелями матеріалів, стелажами, обладнанням і будівельними конструкціями, верхні краї яких віддалені від площини покриття (перекриття) на 0,60 *м* і менше.

В залежності від розмірів і конфігурації приміщень, що підлягають захисту, типу їх перекриттів (покриттів) та інших факторів, мінімальна кількість точкових сповіщувачів визначається проектним рішенням.

Димові пожежні сповіщувачі.

Площа, що контролюється одним точковим димовим пожежним сповіщувачем, а також максимальна відстань між сповіщувачами і стіною, визначається за табл. 8.28, але не повинна перевищувати значень, вказаних у технічній документації на сповіщувачі.

В приміщеннях завширшки не більше 3 *м* відстань між точковими сповіщувачами по довжині приміщення допускається збільшувати до 15 *м*, при цьому відстань від першого і останнього сповіщувача до стіни повинна бути не більше 7,5 *м*.

Максимальна відстань між паралельними оптичними осями лінійних пожежних сповіщувачів, оптичною віссю і стіною визначається за табл. 8.29, але не повинна перевищувати значень, вказаних у технічній документації на сповіщувачі.

У приміщеннях заввишки більше 8 *м* лінійні сповіщувачі встановлюються в два яруси, розміщення ярусів визначається за табл. 8.29, при цьому у випадку наявності пожежного навантаження на висоті 4 *м* і вище належить передбачати встановлення додаткового ярусу сповіщувачів на відмітці 1,5—2,0 *м* вище верхнього рівня пожежного навантаження.

Теплові пожежні сповіщувачі.

Площа, що контролюється одним точковим тепловим пожежним сповіщувачем, а також максимальна відстань між сповіщувачами, сповіщувачем і стіною визначається за табл. 8.30, але не повинна перевищувати значень, вказаних у технічній документації на сповіщувачі.

Таблиця 8.28

Площа, що контролюється одним точковим димовим пожежним сповіщувачем та максимальна відстань між сповіщувачами і стіною в залежності від висоти захищуваного приміщення та схеми розміщення сповіщувачів

Висота захищуваного приміщення, *м*	Схема квадратного розміщення сповіщувачів			Схема трикутного розміщення сповіщувачів		
	Площа, що контролюється одним сповіщувачем, $м^2$	Максимальна відстань, *м*		Площа, що контролюється одним сповіщувачем, $м^2$	Максимальна відстань, *м*	
		між сповіщувачами, *а*	від сповіщувача до стіни, *б*		між сповіщувачами, *а*	від сповіщувача до стіни, *б*
До 3,5	До 86	9,0	4,5	До 105	11,0	3,2
Понад 3,5 до 6,0	До 70	8,5	4,0	До 90	10,4	3,0
Понад 6,0 до 10,0	До 65	8,0	4,0	До 80	9,8	2,8
Понад 10,0 до 12,0	До 55	7,5	3,5	До 70	9,2	2,6

Таблиця 8.29

Максимальна відстань між паралельними оптичними осями лінійних пожежних сповіщувачів, оптичною віссю і стіною в залежності від висоти захищуваного приміщення

Висота захищуваного приміщення, *м*	Висота встановлення сповіщувача, *м*	Ярус	Максимальна відстань у плані, *м*	
			між сповіщувачами	від сповіщувача до стіни
До 8,0	0,4 від площини перекриття (покриття)		8,0	4,0
Понад 8,0 (по ярусах)	0,4 від площини перекриття (покриття)	II	7,5	3,5
	4,0 від площини підлоги	I	7,5	3,5

Температура спрацювання максимальних і максимально-диференційних сповіщувачів повинна бути не менше ніж на 20 °С і не більше ніж на 70 °С вищою від максимально допустимої температури у приміщенні. Максимально допустима відстань сповіщувачів від джерел тепла (ламп розжарювання і т. ін.) повинна бути не менше ніж 0,5 *м*.

Таблиця 8.30

Площа, що контролюється одним точковим тепловим пожежним сповіщувачем, та максимальна відстань між сповіщувачами, сповіщувачем і стіною в залежності від висоти захищуваного приміщення та схеми розміщення сповіщувачів

Висота захищуваного приміщення, *м*	Схема квадратного розміщення сповіщувачів			Схема трикутного розміщення сповіщувачів		
	Площа, що контролюється одним сповіщувачем, $м^2$	Максимальна відстань, *м*		Площа, що контролюється одним сповіщувачем, $м^2$	Максимальна відстань, *м*	
		між сповіщувачами, *а*	від сповіщувача до стіни, *б*		між сповіщувачами, *а*	від сповіщувача до стіни, *б*
До 3,5	До 25	5,0	2,5	До 30	6,1	1,8
Понад 3,5 до 6,0	До 20	4,5	2,0	До 25	5,5	1,6
Понад 6,0 до 9,0	До 15	4,0	2,0	До 20	4,9	1,4

Максимальна відстань між лінійними пожежними сповіщувачами, сповіщувачами і стіною визначається за табл. 8.31, але не повинна перевищувати значень, вказаних у технічній документації на сповіщувачі.

Таблиця 8.31

Максимальна відстань між лінійними пожежними сповіщувачами, сповіщувачами і стіною в залежності від висоти захищуваного приміщення

Висота встановлення сповіщувача, *м*	Максимальна відстань, *м*	
	між сповіщувачами	від сповіщувача до стіни
До 3,5	5,0	2,5
Понад 3,5 до 6,0	4,5	2,0
Понад 6,0 до 9,0	4,0	2,0

Пожежні сповіщувачі полум'я.

Пожежні сповіщувачі полум'я, як правило, встановлюються в приміщеннях під покриттям (перекриттям), на стінах та інших будівельних конструкціях будівель і приміщень. Кут огляду, максимальна віддаленість виявлення пожежі і площа, що контролюється одним пожежним сповіщувачем, не повинні перевищувати значень, вказаних у технічній документації на сповіщувачі.

Приклад 8.14. Розробити систему пожежної сигналізації для видавництва науково-технічної літератури, що розташоване в двоповерховій будівлі загальною площею 520 $м^2$. На першому поверсі знаходиться 9 приміщень, а на другому — 8: 2 приміщення з площею по 50 $м^2$ (кабінет головного редактора та приміщення комп'ютерного складання); 4 приміщення — по 12,5 $м^2$ (туалетні кімнати); 11 приміщень — по 25 $м^2$. Висота приміщень 3,2 *м*.

Проектуємо встановлення пожежних сповіщувачів у всіх приміщеннях видавництва і оскільки їх кількість невелика (17 шт.), то вибираємо автоматичну

пожежну сигналізацію променевого типу з неадресованими сповіщувачами. Один промінь пожежної сигналізації відповідає одному приміщенню, тоді загальна кількість променів пожежної сигналізації буде 17.

Проведемо вибір виду та кількості пожежних сповіщувачів, а також схеми їх розміщення в приміщеннях. У чотирьох приміщеннях видавництва (одне з них площею 50 $м^2$), в яких встановлені персональні комп'ютери проектуємо встановити димові пожежні сповіщувачі ИДП-2, а в решта приміщень — теплові сповіщувачі ИП 105-2/1 (відповідно до табл. 8.27). Оскільки захищувана площа одним сповіщувачем ДТЛ становить 15 $м^2$ (табл. 8.24), то в кабінеті головного редактора ($S_{КАБ}$ = 50 $м^2$) необхідно встановити 4 таких сповіщувачі. Схема їх розміщення наведена на рис. 8.5 а. Незважаючи на те, що захищувана площа одним димовим сповіщувачем ИДП-2 становить 85 $м^2$ (табл. 8.25) в приміщенні комп'ютерного складання, площею 50 $м^2$, а також у трьох інших приміщеннях, в яких також встановлені персональні комп'ютери, що мають площі по 25 $м^2$ проектуємо встановити по два сповіщувачі ИДП-2, згідно з вимогою щодо встановлення в одному приміщенні щонайменше двох неадресованих сповіщувачів. Схеми розміщення димових сповіщувачів у цих приміщеннях наведені на рис. 8.5 б та 8.5 в. Виходячи з тих же міркувань проектуємо встановити в інших приміщеннях видавництва по 2 теплових сповіщувачі ИП 105-2/1 (рис. 8.5 г та 8.5 д).

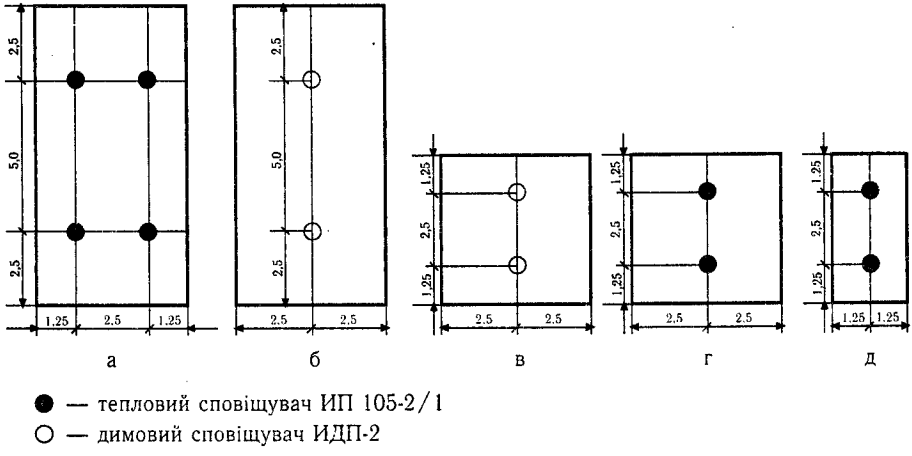


Рис. 8.5. Схеми розміщення теплових та димових пожежних сповіщувачів у приміщеннях видавництва

Таким чином, для захисту приміщень видавництва на випадок пожежі проектуємо встановити автоматичну пожежну сигналізацію променевого типу (17 променів) з використанням для виявлення займань восьми димових пожежних сповіщувачів ИДП-2 та 28 теплових ИП 105-2/1. Для прийняття сигналів від пожежних сповіщувачів передбачено використати концентратор сигнально-пусковий пожежний КСПП 019-20-2 на 20 сигнальних променів, при цьому виконується вимога щодо збереження 10% резерву ємності приймально-контрольного приладу.

Концентратор КСПП 019-20-2 проектується встановити у приміщенні чергового персоналу, що знаходиться на першому поверсі будівлі видавництва біля входу.

ДОДАТОК
ПИТАННЯ ОХОРОНИ ПРАЦІ, ЯКІ НЕОБХІДНО ВИРІШИТИ (ВРАХУВАТИ) ПРИ ПРОЕКТУВАННІ НОВОГО АБО МОДЕРНІЗАЦІЇ ДІЮЧОГО УСТАТКУВАННЯ

ПИТАННЯ ТЕХНІКИ БЕЗПЕКИ

1. Чи добре статично та динамічно зрівноважена конструкція устаткування?
2. Чи є безпечним доступ працівника до устаткування?
3. Чи забезпечує конструкція устаткування зручність та безпеку під час експлуатації, ремонту, монтажу, демонтажу?
4. Чи враховані можливості щодо механізації та автоматизації технологічних процесів, які здійснюються на даному устаткуванні?
5. Чи передбачені в конструкції устаткування при значній вазі заготовок або напівфабрикатів відповідні піднімально-транспортні засоби?
6. Чи забезпечено безпечну подачу матеріалу, заготовок, напівфабрикатів в устаткування та безпечне виймання з нього виробів?
7. Чи немає на поверхні устаткування гострих граней та виступів, об які працівник міг би поранитись?
8. Чи встановлені в травмонебезпечних зонах устаткування захисні та запобіжні пристосування?
9. Чи закриті рухомі частини устаткування захисними огорожами?
10. Чи забезпечено належним чином кріплення та фіксацію захисних огорож у робочому положенні?
11. Чи вибраний матеріал та товщина захисної огорожі задовільняють вимоги щодо міцності та довговічності?
12. Чи в захисних огорожах, де є потреба візуального огляду, передбачені прозорі вставки, екрани, щитки?
13. Чи захисні огорожі, які встановлені в особливо травмонебезпечних місцях мають автоматичне блокування?
14. Чи позначені відповідним кольором небезпечні місця устаткування?
15. Чи нанесені необхідні знаки безпеки на устаткуванні відповідно до ГОСТ 12.4.026-76 "Цвета сигнальные и знаки безопасности"?
16. Чи передбачені в конструкції устаткування відповідні захисні пристрої та блокувальні засоби?
17. Чи час спрацювання та надійність гальмівних пристроїв відповідають вимогам техніки безпеки?
18. Чи передбачені в конструкції устаткування запобіжні пристрої для недопущення поломок основних частин (вузлів) та виникнення аварійних ситуацій?
19. Чи передбачено конструкцією устаткування, обов'язкове вимкнення від електромережі при його ремонті?

20. Чи сконструйовані пускові пристрої устаткування таким чином, щоб не допустити його випадкове увімкнення?

21. Чи є головний вимикач добре помітним і легко доступним з посту керування?

22. Чи передбачені відповідні засоби сигналізації про подачу напруги на устаткування, його запуск, несправності відповідальних вузлів та механізмів, порушення режимів роботи чи технологічних процесів тощо?

23. Чи передбачені засоби, що інформують про роботу устаткування, а в установках з програмним керуванням — про фази технологічного циклу?

24. Чи передбачені на "шумному" устаткуванні відповідні засоби боротьби з шумом?

25. Чи розміщені ті частини устаткування, що можуть викликати вібрацію на еластичних прокладках чи ресорах?

26. Чи передбачено покриття нагрітих поверхонь устаткування термоізоляційними матеріалами?

27. Чи встановлені на устаткуванні захисні екрани для захисту обслуговуючого персоналу від електромагнітного чи іонізуючого випромінювання?

28. Яка приблизна кількість стружки, пилу, газу, або парів буде утворюватись під час роботи? Чи забезпечено належне та своєчасне їх усунення з робочої зони?

29. Чи необхідно встановити на устаткуванні світильники для місцевого освітлення робочої зони?

30. Чи відповідає розроблене устаткування вимогам електро- та пожежобезпеки?

ПИТАННЯ ЕРГОНОМІКИ

1. Чи раціонально вирішене просторове розташування робочого місця?

2. Чи зручно працівнику при обслуговуванні устаткування сидіти або стояти, чергувати ці положення?

3. Чи правильно, з точки зору фізіології, вирішена конструкція крісла (висота, розміри, форма і т. д.)?

4. Чи має працівник достатньо простору для ніг? Чи не змушений він працювати у незручному положенні?

5. Чи не виникає у працівника під час роботи, на устаткуванні, надмірних фізіологічних та (або) психічних навантажень?

6. Чи розташовано функціональні зони машини в межах легкого досягнення працівником і чи є добрий їх огляд з робочого місця?

7. Чи враховано в процесі конструювання особливості оптимального зорового сприйняття людиною різних частин і органів керування устаткуванням? (Розрізняюча чутливість ока в межах поля зору різко зменшується від центра до периферії, кольорове бачення здійснюється за рахунок центральних областей сітківки, периферійний зір — ахроматичний (безколірний). Межі сприйняття різних монохроматичних кольорів різні: найбільш широкі межі мають жовтий та блакитний кольори, найбільш вузькі — червоний і зелений. Деякі з кольорів у міру пересування до периферії зорового поля змінюються: червоні і зелені жовтіють, пурпурні — синіють. Об'єм зорового сприйняття обмежений: око людини сприймає одночасно 5—7 окремих об'єктів. Горизонтальні рухи очей швидші за вертикальні. Вертикальні рухи очей призводять до більшої втоми).

8. Чи правильно освітлені та пофарбовані функціональні частини устаткування, чи вони мають достатній контраст?

9. Чи відповідають рухи людини при обслуговуванні устаткування фізіологічній та анатомічній структурі тіла, чи обмежені вони, при можливості, просторово? (Рухи викликають

меншу втому, якщо вони відбуваються у напрямку дії сили тяжіння; рухи руки по колу кращі, оскільки вони здійснюються точніше і швидше, аніж вертикальні. Якщо робота здійснюється двома руками, краще аби рухи обох рук були симетричні та синхронні; рухи рук у напрямку до тіла швидші, аніж від нього; точні рухи краще виконувати сидячи аніж стоячи).

10. Чи скорочені до мінімуму кількість і траєкторії рухів?

11. Чи скорочена до мінімуму статична робота людини під час обслуговування устаткування? (Статична робота більш втомлює аніж динамічна).

12. Чи відбуваються рухи працівника в межах поля його зору і чи закінчується рух в положенні, зручному для початку наступного?

13. Чи не повинен працівник у процесі роботи тримати руки в припіднятому положенні?

14. Чи всі органи управління розташовані в межах, зручних для маніпуляції ними?

15. Чи раціонально розподілені дії з органами керування для рук та ніг?

16. Чи влаштовані органи керування так, що їх основні положення можна легко фіксувати?

17. Чи не вимагає дія, з кожним органом керування прикладення занадто великих зусиль?

18. Чи встановлені органи керування (кнопки, тумблери, поворотні ручки і ін.) один від одного на належній відстані, щоб не сталося помилки при їх включенні?

19. Чи пам'ятаєте ви про необхідність розрізнення згрупованих органів керування формою їх частин, кольором, написами?

20. Чи знаходяться органи керування та індикації в зоні ефективного бачення ($\pm 30^0$ від нормальної лінії зору)?

21. Чи під правильним кутом розташовані шкали, пульти, табло? (Їх лицьові панелі повинні утворювати, з лінією зору, приблизно прямий кут, щоб не виникало помилкового зчитування через нахил проекції стрілки на шкалу).

22. Чи достатньо контрастують безпосередні джерела інформації з панеллю, на якій вони розташовані?

23. Чи узгоджені всі параметри, за якими необхідно слідкувати, та передбачувані часті втручання щодо керування ними із спроможністю людини охоплювати та реагувати на них при обслуговуванні устаткування?

24. Чи справді основні джерела інформації зосереджені на головному пульті в центрі поля зору оператора (або у верхній лівій його частині)?

25. Чи забезпечено належне освітлення джерел інформації?

26. Чи не надто багато на шкалах написів та інших позначень?

27. Чи достатньо чітко та зрозуміло виконані стрілки, поділки, цифри та написи на джерелах інформації?

ПИТАННЯ ТЕХНІЧНОЇ ЕСТЕТИКИ

1. Чи форма устаткування є композиційно організованою, чи справляє вона враження єдиного конструктивного цілого?

2. Чи виділено композиційно робочі зони устаткування: функціональна та операторська?

3. Чи впорядковано розташовані на поверхні устаткування окремі дрібні деталі, чи існує між ними композиційний зв'язок?

4. Чи є конструкція зорово зрівноваженою, стійкою?

5. Чи враховані пропорції устаткування?

6. Чи відповідають, в дійсності, габарити устаткування тому уявленню, що виникає у спостерігача?

7. Чи не надто розчленовано форму машини? Чи не порушує розчленування враження "цілісності" і стійкості устаткування?

8. Чи відповідає підбір кольорів функціональному призначенню і умовам експлуатації устаткування?

9. Чи належать кольори, в які передбачено пофарбувати устаткування, до гами, так званих, оптимальних кольорів?

10. Чи відповідає підбір кольорів геометричній формі устаткування?

11. Чи не суперечить розчленування поверхні кольорами розчленуванням, обумовленим стиканням окремих деталей?

12. Чи не порушує багатобарвність враження цілісності устаткування?

13. Якою є фактура поверхні? Як вона узгоджується з підбором кольорів? Чи не надто вона гладка і чи не створює відблисків?

14. Чи не надто багато блискучих (наприклад, хромованих) деталей? Чи не справляє це враження "поганого смаку"?

15. Який вигляд має устаткування з робочого місця? Чи його контури спокійні, рівні та виразні?

16. Чи не виглядає устаткування надмірно важким та громіздким?

17. Чи відповідають заокруглення окремих кутів і граней їх величині та положенню? Чи узгоджені заокруглення між собою?

18. Чи є на устаткуванні зазори, заглибини, виступи, в яких може нагромаджуватись пил та бруд і котрі важко протирати?

19. Чи добре виглядають елементи кріплень (заклепки, головки болтів, гвинтів і т. п.)?

20. Чи добре виконані вентиляційні отвори? Чи узгоджується їх конфігурація і розміри з контурами і пропорціями устаткування? Чи не порушують вони масштабного сприйняття устаткування?

21. Чи всі органи керування виконані в одному стилі?

22. Чи відповідає за стилем форма органів керування формі устаткування?

23. Чи є досконалою марка (логотип) фірми? Чи продумано її розташування?

24. Чи є бездоганним виконання і чи композиційно доречно розташовано таблички, шильди і написи? Чи підкреслено важливість окремих із них?

25. Чи підкреслено у прийнятій формі переваги устаткування: легкість, точність, компактність, надійність, довговічність?

26. Чи передбачає форма устаткування можливість комплексного використання аналогічної техніки (наприклад, складання потокових ліній)?

27. Чи оправдано використання декоративних елементів (накладок, написів і ін.)? Чи не надто вони активні в композиції?

28. Чи враховано, при створенні форми, еволюцію в розвитку техніки і стилю, щоб устаткування надто швидко не застаріло морально?

29. Чи враховано, при створенні устаткування, сучасний технічний рівень, вимоги світового ринку та очікуваного покупця?

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

Розділ 1. Генеральний план підприємства. Обладнання виробничих, адміністративних та побутових приміщень.

1. ДБН 360-92*. Планування і забудова міських і сільських поселень.
2. ДБН А.3.1-3-94. Прийняття в експлуатацію закінчених будівництвом об'єктів. Основні положення.
3. ДержСанПіН 173-96. Державні санітарні правила планування та забудови населених пунктів.
4. Дипломное проектирование по технологии машиностроения /Под ред. *В. В. Бабука*. — Минск, 1979. — 464 с.
5. ДНАОП 00-1.31-99. Правила охорони праці під час експлуатації електронно-обчислювальних машин. — К.: Держнаглядохоронпраці, 1999. — 112 с.
6. ДНАОП 1.9.40-1.01-96. Правила охорони праці для підприємств та організацій поліграфічної промисловості. — К., 1999. — 384 с.
7. *Егоров М. Е.* Основы проектирования машиностроительных заводов. Изд. 6-е, перераб. и доп. Учебник для машиностроительных вузов. — М., 1969. — 480 с.
8. *Жидецький В. Ц., Джигирей В. С., Мельников О. В.* Основи охорони праці. Навчальний посібник. — Вид. 4-те, доп. — Львів, 2000. — 350 с.
9. *Жидецький В. Ц.* Охорона праці користувачів комп'ютерів. — Львів, 2000. — 176 с.
10. *Когут М. С.* Проектування машинобудівних заводів. — Львів, 1999. — 350 с.
11. *Мельников Г. Н., Вороненко В. П.* Проектирование механосборочных цехов. — М., 1990. — 351 с.
12. Пожежна безпека. Протипожежні вимоги в галузі проектування та будівництва. — Т. 4. — К., 1998. — 480 с.
13. Пожежна безпека. Протипожежні вимоги в галузі проектування та будівництва. — Т. 6. — К., 2000. — 512 с.
14. СНиП 2.01.02-85. Противопожарные нормы.
15. СНиП 2.03.13-88. Полы. Нормы проектирования.
16. СНиП 2.09.02-85 Производственные здания.
17. СНиП 2.09.04-87. Административные и бытовые здания.
18. СНиП II-89-80. Генеральные планы промышленных предприятий.
19. СН 245-71. Санитарные нормы проектирования промышленных предприятий.
20. *Фоменко И. А., Коваленко В. В., Стародуб Н. П.* Охрана труда при обработке металлов резанием. — К., 1989. — 159 с.

Розділ 2. Вентиляція, опалення та кондиціонування.

1. *Виноградов Б. В.* Безопасность труда и производственная санитария в машиностроении: Сборник расчетов. — М., 1963. — 264 с.
2. Внутренние санитарно-технические устройства. В 2-х. ч.: Справочник проектировщика. Изд. 3-е. Ч. 2. Вентиляция и кондиционирование воздуха /Под ред. *И. Г. Староверова*. — М., 1978. — 509 с.

3. ГОСТ 12.1.005-88. ССБТ. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны.

4. *Денисенко Г. Ф.* Охрана труда: Учебное пособие. — М., 1985. — 319 с.

5. *Жидецький В. Ц., Джигирей В. С., Мельников О. В.* Основи охорони праці. Навчальний посібник. — Вид. 4-те, доп. — Львів, 2000. — 350 с.

6. Охрана труда в полиграфии: Справочник / Под ред. *Чернишева.* — М., 1976. — 304 с.

7. СН 4086-86. Санитарные нормы микроклимата производственных помещений.

8. СНиП 2.04.05-91. Отопление, вентиляция и кондиционирование.

9. Справочная книга по охране труда в машиностроении /Под общ. ред. *О. Н. Русака.* — Л., 1989. — 541 с.

10. Справочник проектировщика промышленных, жилых и общественных зданий и сооружений. Вентиляция и кондиционирование воздуха. Ч. 2. /Под общ. ред. *И. Г. Староверова.* — М., 1969. — 536 с.

11. Справочник по охране труда на промышленном предприятии / *К. Н. Ткачук, Д. Ф. Иванчук, Р. В. Сабарно, А. Г. Степанов.* — К., 1991. — 285 с.

12. Справочник по теплоснабжению и вентиляции в гражданском строительстве / *Щекин Р. В., Кореневский С. М., Бем Г. Е., Артюшенко М. А., Скороходько Ф. Н.* — К., 1962. — 1020 с.

13. Справочник по теплоснабжению и вентиляции. Вентиляция и кондиционирование воздуха / *Щекин Р. В., Кореневский С. М., Бем Г. Е., Артюшенко М. А., Скороходько Ф. Н.* — К., 1968. — 286 с.

14. *Сухарева А. И.* Вентиляция и пневмотранспорт в полиграфии. — М., 1971. — 316 с.

15. *Чижевский И. М., Куликов Г. Б, Сидорин Ю. А.* Охрана труда в полиграфии. — М., 1988. — 320 с.

Розділ 3. Виробниче освітлення.

1. ГОСТ 2239-79. ССБТ. Лампы накаливания общего назначения. Технические условия.

2. ГОСТ 6825-91. ССБТ. Лампы люминисцентные трубчатые для общего освещения.

3. ГОСТ 14254-80. ССБТ. Изделия электротехнические. Оболочки. Степени защиты.

4. ГОСТ 17677-82 ССБТ. Светильники. Общие технические условия.

5. *Жидецький В. Ц., Джигирей В. С., Мельников О. В.* Основи охорони праці. Навчальний посібник. — Вид. 4-те, доп. — Львів, 2000. — 350 с.

6. *Жидецкий В. Ц., Джигирей В. С., Мельников А. В.* Основы охраны труда. Учебник. — Изд. 2-е, доп. — Львов, 2000. — 351 с.

7. *Жидецький В. Ц., Шиманська Л. Я.* Як правильно вибрати світильники для загального освітлення виробничих приміщень // Палітра друку. — 1998. — № 1. — С. 28—30.

8. *Мешков В. В., Епалешников М. М.* Осветительные установки. Учебное пособие для вузов. — М., 1972 — 360 с.

9. Правила устройства электроустановок. ПУЭ-76. Разд. 1. Общие правила. — М., 1982. — 98 с.

10. *Прокофьев Ф. И.* Охрана труда в геодезии и картографии. — М., 1987 — 292 с.

11. СНиП II-4-79. Естественное и искусственное освещение. — М., 1980 — 48 с.

12. Справочная книга для проектирования електрического освещения / Под ред. *Г. М. Кнорринга.* — Л., 1976 — 384 с.

13. Справочная книга по светотехнике / Под ред. *Ю. Б. Айзенберга.* — М., 1983 — 472 с.

Розділ 4. Боротьба з шумом.

1. *Белов С. В., Козьяков А. Ф., Партолин О. Ф.* и др. / Под ред. *Белова С. В.* Средства защиты в машиностроении. Расчет и проектирование. Справочник. — М., 1989. — 368 с.

2. Борьба с шумом. / Под ред. *Юдина Е. Я.* — М., 1964. — 701 с.

3. Борьба с шумом на производстве. Справочник. / Под ред. *Юдина Е. Я.* — М., 1985. — 400 с.

4. ГОСТ 12.1.050-86. ССБП. Методы измерения шума на рабочих местах.

5. ГОСТ 21.1.003-83. ССБП. Шум. Общие требования безопасности (Изм. 1989 г.).

6. Державні санітарні правила планування та забудови населених пунктів. — К.: МОЗ України, 1996. — 66 с.

7. ДСТУ 2867-94. "Шум. Методи оцінювання виробничого шумового навантаження".

8. ДСТУ 2325-93. Шум. Терміни та визначення. Держстандарт України. — К., 1994. — 60 с.

9. *Душин В. Н.* Борьба с шумом и вибрациями на предприятиях по хранению и переработке зерна. — М., 1979. — 224 с.

10. *Жидецький В. Ц., Джигирей В. С., Мельников О. В.* Основи охорони праці. Навчальний посібник — Львів, 2000. — 350 с.

11. *Жидецкий В. Ц., Джигирей В. С., Мельников А. В.* Основы охраны труда. Учебник. — Изд. 2-е, доп. — Львов, 2000. — 351 с.

12. *Заборов В. И., Могилевский М. И., Мякшин В. Н., Самойлюк В. П.* / Под ред. *Заборова В. И.* — К., 1989. — 160 с.

13. *Исакович Г. А., Никольская Н. А.* Звукопоглощающие минераловатные плиты. — М., 1975. — 165 с.

14. *Кобевник В. Ф.* Охрана труда. — К., 1990. — 286 с.

15. *Новак С. М., Логвинец А. С.* Защита от вибрации и шума в строительстве. Справочник. — К., 1990. — 184 с.

16. *Орлов Г. Г., Булычин В. Ч., Виноградов Д. В.* и др. Инженерные решения по охране труда в строительстве. Справочник строителя. — М., 1985. — 277 с.

17. Охрана труда и экологическая безопасность в химической промышленности. Учебник для вузов. — Изд. 2-е / *Бобков А. С., Блинов А. А., Роздин И. А.* и др. — М., 1998. — 400 с.

18. *Русин В. И., Орлов Г. Г., Неделько Н. М.* Охрана труда в строительстве. Инженерные решения. Справочник. — К., 1990. — 208 с.

19. Санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку. Державні санітарні норми. ДСН 3.3.6.037-99. МОЗ України. Головне санітарно-епідеміологічне управління. — К., 2000. — 29 с.

20. Справочник по контролю промышленных шумов. / Пер. с англ. *Скарина Л. Б., Шабанова Н. И.* / Под ред. д-ра техн. наук, проф. *Клюева В. В.* — М., 1979. — 447 с.

21. Справочник по технической акустике. Пер. с нем. / Под ред. *Хекла М. И., Мюллера Х. А.* — Л., 1980. — 440 с.

22. Справочник проектировщика. Защита от шума. / Под ред. д-ра техн. наук, проф. *Юдина Е. А.* — М., 1974. — 134 с.

23. *Тимофеенко Л. П.* Повышение эффективности звукоизоляции зданий. — К., 1975. — 165 с.

Розділ 5. Віброзахист.

1. *Белов С. В., Козьяков А. Ф., Партолин О. Ф.* и др. / Под ред. *Белова С. В.* Средства защиты в машиностроении. Расчет и проектирование. Справочник. — М., 1989. — 368 с.

2. ГОСТ 12.4.093-80. ССБТ. Вибрация. Машины стационарные. Расчет виброизоляции поддерживающей конструкции.

3. ГОСТ 12.1.012-78. ССБТ. Вибрация. Общие требования безопасности.

4. ГОСТ 24346-80. ССБТ. Вибрация. Термины и определения.

5. Державні санітарні правила планування та забудови населених пунктів. — К.: МОЗ України, 1996. — 66 с.

6. Динамический расчет зданий и сооружений. Справочник проектировщика. — М., 1984. — 303 с.

7. *Душин В. Н.* Борьба с шумом и вибрациями на предприятиях по хранению и переработке зерна. — М., 1979. — 224 с.

8. *Жидецький В. Ц., Джигирей В. С., Мельников О. В.* Основи охорони праці. Навчальний посібник — Львів, 2000. — 350 с.

9. *Жидецкий В. Ц., Джигирей В. С., Мельников А. В.* Основы охраны труда. Учебник. — Изд. 2-е, доп. — Львов, 2000. — 351 с.

10. *Заборов В. И., Могилевский М. И., Мякшин В. Н., Самойлюк В. П.* / Под ред. *Заборова В. И.* — К., 1989. — 160 с.

11. *Ивович В. А., Онищенко В. Я.* Защита от вибрации в машиностроении. — М., 1990. — 272 с.

12. *Кобевник В. Ф.* Охрана труда. — К., 1990. — 286 с.

13. *Никифоров А. С.* Виброгашение на судах. — Л., 1979. — 184 с.

14. *Новак С. М., Логвинец А. С.* Защита от вибрации и шума в строительстве. Справочник. — К., 1990. — 184 с.

15. *Орлов Г. Г., Булычин В. Ч., Виноградов Д. В.* и др. Инженерные решения по охране труда в строительстве. Справочник строителя. — М., 1985. — 277 с.

16. *Русин В. И., Орлов Г. Г., Неделько Н. М.* Охрана труда в строительстве. Инженерные решения. Справочник. — К., 1990. — 208 с.

17. Санитарные нормы вибрации рабочих мест № 3044-84. — М., 1984. — 20 с.

18. Санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку. Державні санітарні норми. ДСН 3.3.6.037-99. МОЗ України. Головне санітарно-епідеміологічне управління. — К., 2000. — 29 с.

19. Справочник по контролю промышленных шумов. / Пер. с англ. *Скарина Л. Б., Шабанова Н. И.* / Под ред. д-ра техн. наук, проф. *Клюева В. В.* — М., 1979. — 447 с.

Розділ 6. Захист від електромагнітних випромінювань.

1. *Апполонский С. М.* Расчет электромагнитных экранирующих оболочек. — Л., 1982. — 144 с.

2. *Ткачук К. Н., Галушко П. Я., Сабарно Р. В.* и др. Безопасность труда в промышленности. — К., 1982. — 231 с.

3. *Давыдов Б. Ч., Тихончук В. С., Антипов В. В.* Биологическое воздействие, нормирование и защита от электромагнитных излучений / Под ред. *Ю. Г. Григорьева* — М., 1984. — 176 с.

4. Державні санітарні правила планування та забудови населених пунктів. — К.: МОЗ України, 1996. — 66 с.

5. *Долин П. А.* Справочник по технике безопасности. — М., 1985. — 824 с.

6. *Жидецький В. Ц., Джигирей В. С., Мельников О. В.* Основи охорони праці. Навчальний посібник — Львів, 2000. — 350 с.

7. *Жидецкий В. Ц., Джигирей В. С., Мельников А. В.* Основы охраны труда. Учебник. — Изд. 2-е, доп. — Львов, 2000. — 351 с.

8. *Сабарно Р. В., Степанов А. Г., Слопченко А. В., Харламов Г. Д.* Электробезопасность на промышленных предприятих. Справочник. — К., 1985. — 288 с.

9. *Кобевник В. Ф.* Охрана труда. — К., 1990. — 286 с.

10. *Пышкина Э. П.* Защита от электромагнитных полей // Охрана труда в машиностроении / Под ред. *Юдина Е. Я., Белова С. В.* — М., 1983. — 432 с.

11. *Ушинская О. Ф., Франке В. А.* Защита от электромагнитных полей // Безопасность труда на производстве. Защита устройства / Под ред. *Злотинского Б. М.* — М., 1971. — 456 с.

12. *Шапиро Д. Н.* Основы теории электромагнитного экранирования. — Л., 1975. — 109 с.

Розділ 7. Електробезпека.

1. *Белов С. В., Бринза В. Н., Векшин Б. С.* и др. Безопасность производственных процессов / Под общ. ред. *Белова С. В.* — М., 1985. — 448 с.

2. *Белов С. В., Козьяков А. Ф., Партолин О. Ф.* и др. / Под ред. *Белова С. В.* Средства защиты в машиностроении. Расчет и проектирование. Справочник. — М., 1989. — 368 с.

3. ГОСТ 12.1.030-81. ССБТ. Электробезопасность. Защитное заземление, зануление (Изм. 1987).

4. *Долин П. А.* Основы техники безопасности в электроустановках. — М., 1984. — 448 с.

5. *Долин П. А.* Справочник по технике безопасности. — М., 1985. — 824 с.

6. ДНАОП 0.00-1.21-98. Правила безпечної експлуатації електроустановок споживачів Держнаглядохоронпраці.

7. *Жидецький В. Ц., Джигирей В. С., Мельников О. В.* Основи охорони праці. Навчальний посібник — Львів, 2000. — 350 с.

8. *Жидецкий В. Ц., Джигирей В. С., Мельников А. В.* Основы охраны труда. Учебник. — Изд. 2-е, доп. — Львов, 2000. — 351 с.

9. *Сабарно Р. В., Степанов А. Г.* и др. Электробезопасность на промышленных предприятих. Справочник. — К., 1985. — 288 с.

10. *Князевский Б. А., Ревякин А. И., Чекалин Н. А.* и др. Электробезопасность в машиностроении. — М., 1980. — 240 с.

11. *Кобевник В. Ф.* Охрана труда. — К., 1990. — 286 с.

12. *Пышкина Э. П.* Защита от электромагнитных полей // Охрана труда в машиностроении / Под ред. *Юдина Е. Я., Белова С. В.* — М., 1983. — 432 с.

13. Правила устройства электроустановок. — М., 1986. — 648 с.

14. *Ревякин А. И., Кашолкин Б. И.* Электробезопасность и противопожарная защита в электроустановках. — М., 1980. — 160 с.

15. *Русин В. И., Орлов Г. Г., Неделько Н. М.* Охрана труда в строительстве. Инженерные решения. Справочник. — К., 1990. — 208 с.

Розділ 8. Пожежна безпека.

1. *Алексеев М. В., Демидов П. Г., Ройтман М. Я., Тарасов-Агалаков Н. А.* Основы пожарной безопасности. — М., 1971. — 248 с.

2. *Виноградов Б. В.* Безопасность труда и производственная санитария в машиностроении — М., 1963. — 264 с.

3. ГОСТ 12.1.004-91. ССБТ. Пожарная безопасность. Общие требования.

4. ГОСТ 12.1.010-76. ССБТ. Взрывобезопасность. Общие требования.

5. ГОСТ 12.1.044-89. ССБТ. Пожаровзрывоопасность веществ и материалов. Номенклатура показателей и методы их определения.

6. ДБН В.2.5-13-98. Інженерне обладнання будинків і споруд. Пожежна автоматика будинків і споруд.

7. ДСТУ 2272-93. Пожежна безпека. Терміни та визначення.

8. ДНАОП 1.9.40-1.01-96. Правила охорони праці для підприємств та організацій поліграфічної промисловості — К., 1999. — 380 с.

9. *Жидецький В. Ц., Джигирей В. С., Мельников О. В.* Основи охорони праці. Навчальний посібник. — Вид. 4-е, доп. — Львів, 2000. — 350 с.

10. *Жидецкий В. Ц., Джигирей В. С., Мельников А. В.* Основы охраны труда. Учебник. — Изд. 2-е, доп. — Львов, 2000. — 351 с.

11. Методичний посібник з питань експлуатації та застосування вогнегасників. / *Л. А. Присяжнюк* та ін. — К., 1998. — 152 с.

12. ОНТП 24-86. Определение категорий помещений и зданий по взрывопожарной и пожарной опасности. — М., 1989. — 100 с.

13. Пожарная безопасность веществ и материалов, применяемых в химической промышленности. Справочник / Под общ. ред. *И. В. Рябова*. — М., 1970. — 336 с.

14. Пожарная безопасность. Взрывобезопасность. Справ. изд. / *А. Н. Баратов, Е. Н. Иванов, А. Я. Корольченко* и др. — М., 1987. — 272 с.

15. Пожежна безпека. Нормативні акти та інші документи. У 4-х томах. — К., 1997—1998.

16. Пожежна безпека. Протипожежні вимоги в галузі проектування та будівництва. — Т. 4. — К., 1998. — 480 с.

17. Пожежна безпека. Протипожежні вимоги в галузі проектування та будівництва. — Т. 6. — К., 2000. — 512 с.

18. Правила пожежної безпеки в Україні. — К., 1995. — 195 с.

19. *Рожков А. П.* Пожежна безпека на виробництві. — К., 1997. — 448 с.

20. Сборник руководящих нормативно-технических материалов по вопросам противопожарной охраны. — К., 1988. — 410 с.

21. СНиП 2.01.02-85. Противопожарные нормы.

22. СНиП 2.04.01-85. Внутренний водопровод и канализация зданий.

23. СНиП 2.04.02-84. Водоснабжение. Наружные сети и сооружения.

24. СНиП 2.09.02-85. Производственные здания.

25. СНиП 2.09.03-85. Сооружения промышленных предприятий.

КОРОТКІ ВІДОМОСТІ ПРО АВТОРІВ

Джигирей Віктор Степанович (1952) — кандидат технічних наук, доцент. Автор більше 70 наукових та навчально-методичних публікацій, серед яких навчальні посібники: "Безпека життєдіяльності на підприємствах зв'язку" (1997, у співавторстві), "Охорона праці" (1997, у співавторстві), "Екологія та охорона природи" (1999, у співавторстві), "Основи охорони праці" (1999, у співавторстві), "Безпека життєдіяльності" (1999, у співавторстві), "Основы охраны труда" (1999, у співавторстві), "Основи екології та охорона навколишнього природного середовища" (2000, у співавторстві) та 10 авторських свідоцтв на винаходи. Займається дослідженнями антропогенного та техногенного впливу на довкілля, покращенням віброакустичного режиму роботи деревообробних виробництв.

В 1974 р. закінчив механічний факультет Львівського лісотехнічного інституту (ЛЛТІ). Спеціальність — інженер-механік. З 1974 до 1976 рр. працював на Рівненській меблевій фабриці майстром складального цеху та інженером-механіком. В 1976—1979 рр. навчався в аспірантурі ЛЛТІ. З 1979 до 1985 рр. працював на кафедрі технології пиломатеріалів ЛЛТІ завідувачем лабораторії та асистентом кафедри. В 1983 р. захистив дисертацію на тему "Зниження віброакустичної активності фрезерувальних шпинделів деревообробних верстатів". З 1985 р. — доцент кафедри технології пиломатеріалів. З 1987 до 1989 рр. працював викладачем Бахр-Дарського політехнічного інституту (Ефіопія). В 1992—1995 рр. працював на посаді заступника декана факультету технології деревообробки ЛЛТІ (з 1995 р. — Український державний лісотехнічний університет (УкрДЛТУ). В даний час — доцент кафедри хімічної технології переробки деревини та безпеки життєдіяльності УкрДЛТУ.

Жидецький Валерій Цезарійович (1958) — кандидат технічних наук, доцент. Автор більше 70 наукових та навчально-методичних публікацій, серед яких навчальні посібники: "Екологія з елементами біології" (1995, у співавторстві), "Основи охорони праці" (1999, у співавторстві), "Безпека життєдіяльності" (1999, у співавторстві), "Основы охраны труда" (1999, у співавторстві), "Охорона праці користувачів комп'ютерів" (2000), 11 авторських свідоцтв на винаходи та одного патенту. Приймав участь у розробці низки нормативних документів з охорони праці для підприємств та організацій видавничо-поліграфічного комплексу України, серед яких "Правила охорони праці для підприємств і організацій поліграфічної промисловості" (ДНАОП 1.9.40-1.01-96), "Типові інструкції з охорони праці для видавництв і редакцій" (ВДОП 2.00-5.00-96), "Правила пожежної безпеки на підприємствах та в організаціях поліграфічної промисловості" (ВДОП 1.10-4.01-96). Займається питаннями охорони праці на комп'ютеризованих робочих місцях та дослідженнями вібраційного способу обрізування книжкових блоків.

У 1980 р. закінчив з відзнакою механічний факультет Українського поліграфічного інституту (УПІ) ім. Івана Федорова. Спеціальність — інженер з автоматизації процесів поліграфічної промисловості. В 1980—1982 рр. працював викладачем СПТУ № 58 (поліграфістів) м. Львова.

У 1982—1985 рр. навчався в аспірантурі УПІ ім. Івана Федорова. З 1985 р. — асистент кафедри друкарсько-обробних процесів та поліграфічних матеріалів УПІ ім. Івана Федорова. У 1990 р. захистив дисертацію на тему "Розробка технологічного процесу вібраційного обрізування книжкових блоків". З 1991 до 1995 рр. працював на кафедрі охорони праці та екології УПІ ім. Івана Федорова (з 1994 р. — Українська академія друкарства (УАД) старшим викладачем. З 1995 р. — доцент кафедри охорони праці та екології УАД.

Лико Христина Іванівна (1950) — інженер. Автор чисельних навчально-методичних публікацій.

У 1972 р. закінчила механіко-технологічний факультет Львівського лісотехнічного інституту. Спеціальність — інженер-технолог. З 1974 до 1983 рр. працювала на Львівському заводі телевізійних вузлів ВО "Електрон" інженером-технологом технологічного відділу. У 1983—1997 рр. працювала в навчально-методичному кабінеті (НМК) Міністерства лісової та деревообробної промисловості України методистом, а пізніше — спеціалістом вищої категорії. Працюючи в НМК розробила ООП спеціальностей — "Технологія деревообробки" та "Хімічна технологія виготовлення плит і пластиків". За сумісництвом викладала курс "Охорони праці" у Львівському електротехнікумі зв'язку. З 1998 р. працює в Технологічному коледжі Українського державного лісотехнічного університета на посаді інженера з охорони праці та викладає курс "Основи охорони праці".

Сторожук Віктор Миколайович (1967) — кандидат технічних наук, асистент кафедри. Автор 30 наукових і навчально-методичних публікацій, серед яких навчальний посібник "Екологія та охорона природи" (1999, у співавторстві), "Основи екології та охорона навколишнього природного середовища" (2000, у співавторстві) та Патента на промисловий зразок. Займається дослідженнями антропогенного та техногенного впливу на довкілля, покращенням віброакустичного режиму роботи деревообробних виробництв.

В 1986 р. закінчив Кременецький лісотехнічний технікум. Працював майстром тарного цеху заводу "Григоріопольлитпластмас" (Молдавія). У 1986—1988 рр. служив у Збройних силах. В 1988—1993 рр. навчався на факультеті технології деревообробки в Львівському лісотехнічному інституті (ЛЛТІ), який закінчив з відзнакою. Спеціальність — інженер-технолог. У 1993—1994 рр. — молодший науковий співробітник науково-дослідного сектора ЛЛТІ. У 1994—1997 рр. — навчання в аспірантурі ЛЛТІ (з 1995 р. — Український державний лісотехнічний університет (УкрДЛТУ). В 1998 р. захистив дисертацію на тему "Акустична оцінка та шляхи зниження шумової та вібраційної активності багатопилкових шпиндельних вузлів дереворізальних верстатів". В даний час — асистент кафедри хімічної технології переробки деревини та безпеки життєдіяльності УкрДЛТУ.

Туряб Любов Василівна (1960) — асистент. Автор понад 20 наукових та навчально-методичних публікацій. Займається вивченням умов праці на підприємствах та в організаціях поліграфічної промисловості, а також питаннями охорони навколишнього середовища.

У 1984 р. закінчила заочний факультет Українського поліграфічного інституту ім. Івана Федорова (УПІ). Спеціальність — інженер-технолог поліграфічного виробництва. З 1984 до 1991 рр. працювала на посаді учбового майстра кафедри друкарсько-обробних процесів та поліграфічних матеріалів УПІ. З 1991 до 1995 рр. — на посаді майстра виробничого навчання кафедри охорони праці та екології УПІ (з 1994 р. — Українська академія друкарства (УАД). З 1995 р. — асистент кафедри охорони праці та екології УАД.

ЗМІСТ

Передмова 5

Методичні вказівки щодо виконання розділу "Охорона праці" в дипломних проектах студентів інженерно-технічних спеціальностей 7

Розділ 1. **Генеральний план підприємства. Обладнання виробничих, адміністративних та побутових приміщень** 15
1.1. Розміщення підприємства та планування його території 15
1.2. Виробничі будівлі та приміщення 20
1.3. Адміністративні і побутові будівлі та приміщення 31
1.3.1. Санітарно-побутові приміщення 32
1.3.2. Приміщення охорони здоров'я 35
1.3.3. Приміщення громадського харчування 36
1.3.4. Приміщення культурного обслуговування 36
1.3.5. Адміністративні приміщення 37

Розділ 2. **Вентиляція, опалення та кондиціонування** 41
2.1. Загальні вимоги 41
2.2. Розрахункові параметри зовнішнього повітря 43
2.3. Вибір систем та способів вентиляції 44
2.4. Природна вентиляція та її застосування 45
2.5. Штучна (механічна) вентиляція та її застосування 55
2.6. Місцева вентиляція 78
2.7. Кондиціонування повітря 100
2.8. Розрахунок систем опалення 104

Розділ 3. **Виробниче освітлення** 107
3.1. Основні світлотехнічні терміни та визначення 107
3.2. Види виробничого освітлення 109
3.3. Природне освітлення 109
3.3.1. Нормування природного освітлення 109
3.3.2. Проектування природного освітлення 114
3.3.3. Розрахунок природного освітлення 116
3.4. Штучне освітлення 122
3.4.1. Нормування штучного освітлення 122

3.4.2. Проектування систем штучного освітлення 124
3.4.3. Розрахунок штучного освітлення 136
3.5. Загальна схема проектування систем штучного освітлення (на прикладі методу світлового потоку) 159

Розділ 4. **Боротьба з шумом** 161
4.1. Визначення рівнів звукового тиску в розрахункових точках 161
4.2. Розрахунок звукоізоляції кабін спостереження та дистанційного керування ... 183
4.2.1. Звукоізолювальні кабіни 183
4.2.2. Конструкція звукоізолювальних кабін 190
4.2.3. Звукоізоляція місць проходження комунікацій через огороджувальні елементи кабін 194
4.3. Розрахунок величини звукопоглинання в приміщеннях після їх акустичної обробки 198

Розділ 5. **Віброзахист** 213
5.1. Основні вимоги щодо віброізоляції агрегатів 213
5.2. Розрахунок віброізолювальних основ 218
5.2.1. Визначення загальної жорсткості віброізоляторів 218
5.2.2. Вибір кількості та розташування віброізоляторів 220
5.2.3. Розрахунок пружинних віброізоляторів 220
5.2.4. Розрахунок гумових віброізоляторів 224

Розділ 6. **Захист від електромагнітних випромінювань** 235
6.1. Джерела електромагнітних полів 235
6.2. Електромагнітні поля промислової частоти в електроустановках надвисокої напруги 236
6.2.1. Параметри електричного поля промислової частоти високовольтних ліній та відкритих розподільних пристроїв 237
6.3. Вплив електромагнітних полів на організм людини 238
6.4. Нормування електромагнітних полів 240
6.5. Захист від електричного поля промислової частоти 243
6.6. Захист від електромагнітних випромінювань радіочастотного діапазону 247
6.6.1. Зони випромінювання 247
6.6.2. Розрахунок інтенсивності електромагнітного поля на робочому місці 248
6.6.3. Захист від електричних і магнітних полів та випромінювань радіочастотного діапазону 251

Розділ 7. **Електробезпека** 255
7.1. Захисне заземлення 255
7.1.1. Розрахунок захисного заземлення 256
7.2. Розрахунок занулення 272
7.3. Захист від атмосферної електрики. Визначення категорії та типу зони блискавкозахисту 278
7.4. Влаштування блискавкозахисту 281
7.5. Конструктивні особливості блискавковідводів 282
7.6. Розрахунок зон захисту блискавковідводів 283

Розділ 8. **Пожежна безпека** 289
8.1. Оцінка вибухової та пожежної небезпеки приміщень і будівель 289
8.1.1. Визначення категорій приміщень і будівель за вибухопожежною та пожежною небезпекою 289
8.1.2. Методи розрахунку критеріїв вибухопожежної небезпеки приміщень 291
8.1.3. Визначення категорії будівлі за вибухопожежною та пожежною небезпекою 299
8.2. Показники пожежовибухонебезпечності речовин та матеріалів 301
8.3. Протипожежне водопостачання 306
8.4. Евакуація людей із приміщень та будівель 310
8.5. Первинні засоби пожежогасіння 319
8.5.1. Призначення й види первинних засобів пожежогасіння 319
8.5.2. Оснащення об'єктів первинними засобами пожежогасіння 321
8.5.3. Вибір типу та визначення необхідної кількості вогнегасників 321
8.6. Пожежна сигналізація 325
8.6.1. Установки пожежної сигналізації 325
8.6.2. Види пожежних сповіщувачів 326
8.6.3. Вибір автоматичних пожежних сповіщувачів 329
8.6.4. Розміщення автоматичних пожежних сповіщувачів 330

Додаток. Питання охорони праці, які необхідно вирішити (врахувати) при проектуванні нового або модернізації діючого устаткування 335
Література 339
Короткі відомості про авторів 345

Відтворення усієї книги або будь-якої її частини
заборонено без письмової згоди видавництва.
Будь-які спроби порушення авторських прав
будуть переслідуватися у судовому порядку

Валерій Цезарійович Жидецький
Віктор Степанович Джигирей
Віктор Миколайович Сторожук
Любов Василівна Туряб
Христина Іванівна Лико

ПРАКТИКУМ ІЗ ОХОРОНИ ПРАЦІ

Редактор *Мельников О. В.*

Технічний редактор *Василишин Д. В.*
Коректор *Василишин Д. В.*
Комп'ютерне складання *Василишин О. М.*
Комп'ютерне верстання *Клим С. Я.*

Свідоцтво про внесення до державного реєстру
ДК № 292 від 21. 12. 2000 р.

Підписано до друку 10. 11. 2000 р. Формат 70x100/16
Папір офсетний. Гарнітура "Антігва". Друк офсетний.
Умовн. друк. арк. 30,96. Облік.-видавн. арк. 27,45.
Тираж 1000. Замовлення № 22.

Повне товариство — видавнича фірма "Афіша"
79005 м. Львів, вул Костя Левицького, 4
тел./факс: (0322) 97-14-27

Віддруковано ПТВФ "Афіша"
79005 м. Львів, вул. Костя Левицького, 4

Повне товариство — видавнича фірма

"АФІША"

реалізує навчально-довідкові посібники:

1. **Цивільна оборона.** Навчальний посібник / Під ред. полковника *В. С. Франчука.* — 2000. — 336 с.

2. *Джигирей В. С., Жидецький В. Ц.* **Безпека життєдіяльності.** Навчальний посібник. — Вид. 3-тє, доповнене. — 2000. — 256 с.

3. *Пістун І. П., Кіт Ю. В.* **Безпека життєдіяльності (Психофізіологічні аспекти). Практичні заняття.** Навчальний посібник. — 2000. — 239 с.

4. *Жидецький В. Ц., Джигирей В. С., Мельников О. В.* **Основи охорони праці.** Навчальний посібник. — Вид. 4-те, доповнене. — 2000. — 350 с.

5. *Жидецкий В. Ц., Джигирей В. С., Мельников А. В.* **Основы охраны труда.** Учебник. — Изд. 2-е, дополненное. — 2000. — 350 с.

6. *Жидецкий В. Ц., Джигирей В. С., Сторожук В. М. та ін.* **Практикум із охорони праці.** Навчальний посібник. — 2000. — 352 с.

7. *Даценко І. І.* **Екологія та гігієна людини.** Навчальний посібник. — 2000. — 248 с.

8. **Загальна гігієна. Словник-довідник.** Навчальний посібник / За заг. ред. проф., док. мед. наук *І. І. Даценко.* — 2001. — 240 с.

9. *Жидецький В. Ц.* **Охорона праці користувачів комп'ютерів.** Навчальний посібник. — Вид. 2-ге, доповнене. — 2000. — 176 с.

10. *Джигирей В. С., Сторожук В. М., Яцюк Р. А.* **Основи екології та охорона навколишнього природного середовища (Екологія та охорона природи).** Навчальний посібник. — Вид. 2-ге, доповнене. — 2000. — 272 с.

11. *Батлук В. А.* **Основы экологии и охрана окружающей природной среды.** Учебное пособие. — 2001. — 256 с.

12. *Назарук М. М.* **Основи екології та соціоекології.** Навчальний посібник. — Вид. 2-ге, доповнене. — 2000. — 256 с.

13. *Назарук М. М., Сенчина Б. В.* **Практикум із основ екології та соціоекології.** Навчальний посібник. — Вид. 2-ге, доповнене. — 2000. — 127 с.

14. *Батлук В. А.* **Акустичні пиловловлювачі.** — 2000. — 208 с.

15. *Будіщев М. С.* **Електротехніка, електроніка та мікропроцесорна техніка.** Навчальний посібник. — 2001. — 368 с.

16. *Лавренюк С. П.* **Курс диференціальних рівнянь.** — 1997. — 216 с.

17. *Вербіцький О. В.* **Вступ до криптології.** — 1998. — 248 с.

18. *Гладунський В. Н., Гладунська Г. А.* **Математика. Означення, формули, задачі.** Навчальний посібник. — 2000. — 304 с.

19. *Середницький Я. І.* **Сучасна протикорозійна ізоляція в трубопровідному транспорті.** — 1999. — 240 с.

20. *Жидецький Ю. Ц., Лазаренко О. В., Лотошинська Н. Д. та ін.* **Поліграфічні матеріали.** Підручник / За заг. ред. проф., докт. тех. наук *Е. Т. Лазаренка.* — 2001. — 304 с.

21. *Гавенко С. Ф., Мельников О. В.* **Оцінка якості поліграфічної продукції.** Навчальний посібник / За заг. ред. проф., докт. тех. наук *Е. Т. Лазаренка.* — 2000. — 120 с.

22. *Мельников О. В.* **Друкування на аркушевих офсетних машинах.** — 1999. — 159 с.

23. *Партико З. В.* **Загальне редагування. Нормативні основи.** Навчальний посібник. — 2001. — 432 с.

24. *Козицький А. М.* **Новітня історія країн Азії та Африки. 1918—1999 рр.** Конспект лекцій. — 2000. — 159 с.

25. *Ходькова Л. П.* **Релігієзнавство.** —Навчальний посібник. — 2001. — 312 с.

26. **Декоративно-ужиткове мистецтво. Словник.** У 2-х томах / За загальною редакцією акад. *Я. П. Запаска.* — 2000.

27. **Путівник країнами Західної Європи.** Т. 1. Австрія. Бельгія. Данія. Нідерланди. Німеччина. Швейцарія. — 1998. — 224 с.

28. *Здоровега В. Й.* **Теорія і методика журналістської творчості.** Навчальний посібник. — 2000. — 180 с.

29. *Лизанчук В. В.* **Радіожурналістика. Засади функціонування.** Підручник. — 2000. —366 с.

30. *Капелюшний А. О.* **Девіатологія мас-медіа. Практикум з редакторської майстерності.** — 2000. — 208 с.

31. *Карамишева Н. В.* **Логіка. Підручник для студентів-правників.** — 2000. — 252 с.

32. *Петрович Й. М., Захарчин Г. М., Теребух А. А.* **Організація підприємництва в Україні.** Навчальний посібник. — 2000. — 320 с.

33. *Алексєєв І. В., Захарчук О. В., Рим Н. Н.* **Банківський маркетинг.** Навчальний посібник. — 1998. — 96 с.

34. *Єлейко Я. І., Кандибка О. М., Лапішко М. Л.* та ін. **Основи фінансового аналізу.** Навчальний посібник. — 2000. — 141 с.

35. *Лапішко М. Л.* **Основи фінансово-статистичного аналізу економічних процесів.** Підручник. — 1995. — 328 с.

36. *Денисенко В. М.* **Проблеми раціоналізму та ірраціоналізму в політичних теоріях Нового часу європейської історії.** —1997. — 274 с.

Адреса видавництва:

79005, м. Львів, вул. Костя Левицького, 4

Тел.: (0322) 76-22-02, 96-61-75, 96-65-10

Факс: (0322) 97-14-27