

$f_{\text{сер}}/\Delta t$	$v, \text{M/C}$	$f_{\text{сер}}/\Delta t$	$v, \text{M/C}$	$f_{\text{сер}}/\Delta t$	$v, \text{M/C}$
0,33	0,048	0,50	0,44	0,67	1,27
0,34	0,062	0,51	0,48	0,68	1,31
0,35	0,077	0,52	0,52	0,69	1,35
0,36	0,09	0,53	0,57	0,70	1,38
0,37	0,11	0,54	0,62	0,71	1,43
0,38	0,12	0,55	0,68	0,72	1,48
0,39	0,14	0,56	0,73	0,73	1,52
0,40	0,16	0,57	0,80	0,74	1,57
0,41	0,18	0,58	0,88	0,75	1,60
0,42	0,20	0,59	0,97	0,76	1,65
0,43	0,22	0,60	1,00	0,77	1,70
0,44	0,25	0,61	1,03	0,78	1,75
0,45	0,27	0,62	1,07	0,79	1,79
0,46	0,30	0,63	1,11	0,80	1,84
0,47	0,33	0,64	1,15	0,81	1,89
0,48	0,36	0,65	1,19	0,82	1,94
0,49	0,40	0,66	1,22	0,83	1,98

ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕПЛОВИХ ВИПРОМІНЮВАНЬ ТА ЕФЕКТИВНОСТІ ЗАСТОСУВАННЯ ТЕПЛОЗАХИСНИХ ЕКРАНІВ

Мета роботи — освоєння методики вимірювання інтенсивності теплових випромінювань приладу, що застосовується, вибір теплозахисних екранів і оцінка ефективності їхньої дії.

7.1. Загальні положення

Інфрачервоне (теплове) випромінювання виникає скрізь, де температура є вищою від абсолютного нуля. За фізичною природою інфрачервоні випромінювання — це потік матеріальних часток, що мають хвильові та квантові властивості. Енергія кванта лежить у межах 0,0125—1,25 еВ. Інфрачервоне (ІЧ) випромінювання є функцією теплового стану джерела випромінювання.

Перебуваючи поблизу нагрітого устаткування чи виробів, людина зазнає впливу ІЧ-променів. Джерела променистої енергії на виробництві є дуже різноманітними: довгохвильові — із довжиною хвилі $l = 1,4 \dots 3,0$ мкм і більше; короткохвильові — із довжиною хвилі $l = 0,76 \dots 1,4$ мкм.

Дія теплового випромінювання на організм людини залежить від багатьох показників:

- ◆ довжини хвилі й інтенсивності потоку випромінювання (табл.7.1.), площі опромінюваної поверхні і кута падіння теплових променів на цю поверхню;
- ◆ тривалості опромінення за робочий день і тривалості безупинного впливу;
- ◆ інтенсивності фізичної праці і рухливості повітря (на робочому місці);
- ◆ якості спецодягу;
- ◆ індивідуальних особливостей працівника і ступеня акліматизації організму в конкретних виробничих умовах.

Інтенсивність світлового опромінення E , Вт/м², на робочому місці приблизно можна розрахувати на підставі закону Стефана-Больцмана за такими формулами [5]:

$$\text{при } \frac{l}{F} \geq 1$$

$$E = \frac{0,91F \left[\left(\frac{T}{100} \right)^2 - A \right]}{l^2} \quad (7.1)$$

при $\frac{l}{F} < 1$

$$E = \frac{0,91\sqrt{F} \left[\left(\frac{T}{100} \right)^2 - A \right]}{l}, \quad (7.2)$$

де F — площа поверхні, що випромінює, м²; T — температура поверхні, що випромінює, К; L — відстань від центра поверхні, що випромінює, до опромінюваного об'єкта, м; A — емпіричний коефіцієнт, для шкіри людини і бавовняної тканини $A = 85$, для сукна $A = 110$, для шерсті $A = 100$.

Таблиця 7.1

Дані про вплив теплового випромінювання на організм людини

Інтенсивність тепловипромінювання E , Вт/м ²	Характер впливу
До 280	Поріг чутливості
280—560	Переносимо протягом робочого дня і більше, слабка дія без порушення терморегуляції
560—1000	Терпимо до 3—5 хв, помірна дія зі слабким порушенням терморегуляції
1000—1600	Терпимо до 40—60 с, середня дія з незначним порушенням терморегуляції
1600—2100	Терпимо до 20—30 с, велика дія зі значним порушенням терморегуляції
2100—2800	Терпимо до 12—24 с, висока дія і порушення терморегуляції
2800—3500	Терпимо до 8—10 с, небезпечна дія з можливими опіками шкіри
Понад 3500	Терпимо не більше 2—5 с, дуже сильна дія, можливий тепловий удар

Довжину хвилі λ (мкм) із максимальною енергією теплового випромінювання визначають за законом зсуву Віна:

$$\lambda = \frac{2,9 \cdot 10^3}{T_u}. \quad (7.3)$$

Тепловипромінювання короткохвильового діапазону з $l = 1,5$ мкм глибоко проникає в тканини людського організму, розігріває їх і трохи поглинається шкірним покривом. Найбільше нагрівання шкіри відбувається при тепловипромінюванні з довжиною хвилі $l = 3$ мкм.

Ознаками настання теплового удару є запаморочення, невпевнена хода, зміна здорового сприйняття тощо.

Інтенсивне тепловипромінювання може травмувати органи зору (помутніння кришталика), особливо при довжині хвилі від 0,76 до 1,6 мкм.

Променисте тепло, крім безпосереднього впливу на робітників, нагріває оточуючі будівельні конструкції й устаткування, у результаті чого температура всередині помешкання підвищується, що також погіршує умови роботи.

Інтенсивність теплового опромінення працівників від нагрітих поверхонь технологічного устаткування, освітлювальних приладів, інсоляцій на постійних і непостійних робочих місцях не повинна перевищувати 35 Вт/м² при опроміненні 50% поверхні тіла і більше, 70 Вт/м² — при площі опромінюваної поверхні від 25 до 50% і 100 Вт/м² — при опроміненні не більш ніж 25% поверхні тіла [1].

Інтенсивність теплового опромінення працівників від відкритих джерел (нагрітий метал, відкрите полум'я тощо) не повинне перевищувати 140 Вт/м², при цьому опромінення має зазнавати не більше 25% поверхні тіла і обов'язковим є використання засобів індивідуального захисту обличчя та очей [1].

Із метою зберігання теплового балансу в організмі людини при роботі й, отже, повної працездатності в цих виробничих умовах для захисту людини від променистої теплоти застосовують такі засоби [3; 4]:

- теплоізоляцію гарячих поверхонь (температура на поверхні теплоізоляції не повинна перевищувати 45 °С);
- охолодження теплозахисних поверхонь (водою);
- екранування джерел випромінювання (за принципом дії екрани підрозділяються на тепловідбивні і тепловідвідні, вони можуть бути непрозорими, напівпрозорими і прозорими);
- повітряне душення;
- засоби індивідуального захисту;
- організація раціонального питного режиму і режиму праці й відпочинку та ін.

Крім зазначених заходів, проводять лікувально-профілактичні заходи, попередні медичні огляди з метою попередження, а також ранньої діагностики захворювань у працівників.

Для виробництв із тепловипромінюванням установлюють, відповідно до санітарних норм, оптимальні параметри мікроклімату (при оптимальній відносній вологості $\gamma = 40 - 60\%$ і барометричному тиску (760 мм рт. ст.)), вони подані в табл. 7.2.

Таблиця 7.2

Оптимальні параметри мікрокліматів [1]

Період року	Інтенсивність фізичної праці	Інтенсивність теплоопромінення E , Вт/м ²					
		350 — 700		700 — 1400		1400 — 2100	
		t , °С	v , м/о	t , °С	v , м/с	t , °С	v , м/с
Теплий, навколишня температура $t > +10$ °С	Легка робота	22—24	0,5—1,0	21—23	0,7—1,5	20—22	1,5—2,0
	Робота середньої важкості	21—23	0,7—1,5	20—22	1,5—2,0	19—21	1,5—2,5
	Важка робота	20—22	1,0—2,0	19—21	1,5—2,5	18—20	2,0—3,0
Холодний і передхолодний, навколишня температура $t < +10$ °С	Легка робота	22—23	0,5—0,7	21—22	0,5—1,0	20—21	1,0—1,5
	Робота середньої важкості	21—22	0,7—1,0	20—21	1,0—1,5	19—20	1,5—2,0
	Важка робота	20—21	1,0—1,5	19—20	1,5—2,0	18—19	2,0—2,5

Інтенсивність теплового випромінювання у виробничих помешканнях вимірюють за допомогою актинометра. У лабораторній роботі використовують актинометр конструкції Санк-Петербурзького інституту гігієни праці, що має широкий діапазон вимірів, портативний, малоінерційний (рис. 7.1). На рис. 7.1 показані: 1 — ручка; 2 — корпус; 3 — шкала показань; 4 — кришка; 5 — чутливий термоелемент.

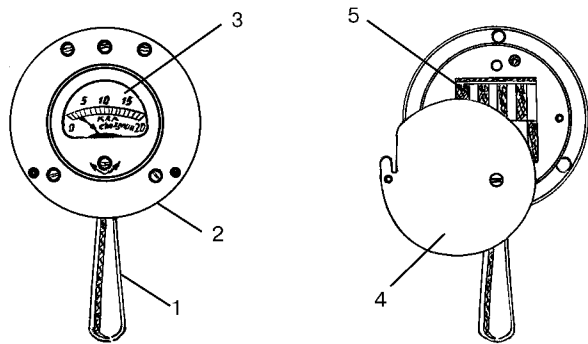


Рис. 7.1. Будова актинометра

Будова актинометра ґрунтується на принципі термоелектричного ефекту. Якщо в замкнутому електричному колі, що складається з двох різних металів, місця контактів мають різну температуру, то в колі виникає термоелектричний струм, сила якого є пропорційною різниці температур на термоспаях. У термоприймачі описуваного актинометра використана так звана термобатарея — блок, до складу якого входять термоелементи, скомутовані між собою. Елементи складаються з пластин білого і чорного кольорів.

При дії на такий елемент теплового випромінювання сусідні пластини набувають різної температури внаслідок поглинання променистого тепла чорним квадратиком і відбиття його білим. Різниця температур зумовлена в батареї термоелектричним струмом, що вимірюється вмонтованим у прилад гальванометром, шкала якого проградуєвана в одиницях вимірювання теплової радіації — кал/(см²/хв) у межах інтенсивності випромінювання від 0 до 20 кал/(см²/хв). Кожна поділка шкали відповідає 0,5 кал/(см²/хв). Для переведення у Вт/м² показання приладу множать на 700.

Перед вимірюванням інтенсивності теплової радіації стрілку гальванометра ставлять у нульове положення за допомогою коректора при закритому від радіації термоприймачі. Потім відчиняють кришку приладу, й у вертикальному положенні спрямовують термоприймач у бік джерела випромінювання. Відлік показань гальванометра роблять через 3 с на місці вимірювання, після чого термоприймач негайно закривають кришкою (актинометр не можна тривалий час тримати під опроміненням).

7.2. Порядок виконання роботи

7.2.1. Вимірювання інтенсивності теплових випромінювань і гігієнічна оцінка їх впливу на організм людини

Увімкнути джерело теплового випромінювання в мережу (у лабораторних умовах застосовані муфельна піч або рефлектор).

Перевірити температуру печі (за допомогою термометри і гальванометра).

Температура всередині печі має бути не менше 500 °С.

Заміряти інтенсивність променистого тепла актинометром, установленим чутливим елементом навпроти продовження осі джерела. Актинометр установити навпроти центру печі на відстані 0,8; 0,5; 0,3 і 0,1 м. Тривалість вимірювання — 2 с.

За даними вимірювань інтенсивності теплового випромінювання без захисних екранів побудувати графік інтенсивності теплових випромінювань залежно від відстані: $E = f(L)$. Користуючись табл. 7.2, визначити оптимальні параметри мікроклімату на робочому місці при максимальній інтенсивності теплоопромінення.

7.2.2. Вибір теплозахисних екранів та оцінка ефективності їхньої дії

Заміряти інтенсивність випромінювання E_1 , Вт/м², на відстані 0,8; 0,5; 0,3 і 0,1 м від печі спочатку без екрана.

Заміряти послідовно три рази інтенсивність променистого тепла E_2 , Вт/м², із захисними екранами, виконаними з різноманітних матеріалів (металу, ланцюгів, жерсті, алюмінію, азбесту та ін.), на тих же відстанях, починаючи з 0,1 м від отвору печі. Перший вимір зробити через 5 хв, наступні — через 2 хв дії променистої енергії на екран.

Результати вимірювань занести у табл. 7.3.

Таблиця 7.3

Результати вимірювань інтенсивності випромінювання

№ виміру	Матеріал захисного екрану	Відстань від печі, м				Інтенсивність випромінювання, Вт/м ²
		0,1	0,3	0,5	0,8	
1	Без екрану					
2	Сталь					
3	Жерсть					
4	Алюміній					
5	Азбест					
6	Метал					
7	Ланцюги					

Підрахувати ефективність застосування екрана:

$$\eta_e = \frac{E_1 - E_2}{E_1} \cdot 100\%$$

За даними вимірювань побудувати графік ефективності теплозахисних екранів.

Рекомендувати засоби захисту від теплових променів на робочому місці на відстані від джерела, заданій викладачем.

Розрахувати температуру джерела теплового випромінювання, використовуючи формули (7.1)—(7.3). Розрахувати довжину хвилі з максимальною енергією теплового випромінювання, використовуючи формулу (7.3).

7.3. Звіт

1. Мета роботи.
2. Стислий опис актинометра.
3. Таблиці (7.1, 7.2, 7.3), графіки результатів вимірювань і розрахунків.
4. Аналіз результатів.
5. Висновки.

Контрольні запитання і завдання

1. Які основні фактори впливають на ступінь безпеки тепловипромінювання?
2. Як впливає на людину тепловипромінювання залежно від його інтенсивності?
3. Назвіть основні заходи охорони праці щодо захисту від тепловипромінювання у виробничих умовах.
4. Який принцип улаштування актинометра?

Джерела інформації

1. Теплозащита в металлургии: Справочник / Сост. С.В.Петров, А.Ф. Шорин. — М.: Стройиздат, 1981. — 114 с.
2. ГОСТ 12.4.123-83. ССБТ. Средства коллективной защиты от инфракрасных излучений. Общие технические требования. Введен 01.01.84.
3. Безопасность труда в промышленности: Справочник / Сост. К.Н.Ткачук, П.Я. Глушко, Р.В. Сабарно и др. — К.: Техника, 1982. — 231 с.

ВИЗНАЧЕННЯ ВМІСТУ ШКІДЛИВИХ ГАЗІВ І ПАРІВ У ПОВІТРІ ЕКСПРЕСНИМ МЕТОДОМ

Мета роботи — набуття практичних навичок визначення вмісту шкідливих газів і парів у повітрі виробничих приміщень за допомогою газоаналізатора УГ-2.

8.1. Токсичні речовини виробничого середовища та заходи профілактики їхньої небезпечної дії

Ступінь дії шкідливих речовин на організм людини залежить від їх хімічного складу, концентрації, тривалості впливу, параметрів оточуючого середовища, індивідуальних особливостей людини, а для пилотвірних речовин ще й від дисперсності та форми частинок.

Шкідливі речовини проникають в організм людини головним чином через дихальні шляхи, а також через шкірний покрив та травний тракт. Більшість випадків професійних захворювань та отруєнь пов'язано з надходженням шкідливих речовин в організм людини через органи дихання. Цей шлях є найбільш небезпечним, бо шкідливі речовини через розгалужену легеневу тканину надходять безпосередньо в кров і розносяться нею по всьому організму.

Шкідливі речовини можуть викликати професійні отруєння в гострій та хронічній формі. Гострі отруєння виникають при аваріях і характеризуються короткочасністю дії шкідливих речовин (не більш ніж протягом однієї зміни), надходженням в організм шкідливої речовини у відносно великій кількості (при високих концентраціях у повітрі, помилковому прийманні всередину, в сильному забрудненні шкірних покривів). Хронічні отруєння виникають поступово при тривалій дії шкідливих речовин, що проникають в організм у відносно невеликих кількостях і розвиваються внаслідок накопичення маси шкідливої речовини в організмі (матеріальна кумуляція) або змін, що вони спричиняють (функціональна кумуляція).

За характером дії на організм людини шкідливі речовини згідно з ГОСТом 12.0.003-74* поділяються на такі:

- загальнотоксичні — викликають отруєння всього організму (оксид вуглецю, ціаністи сполуки, свинець, ртуть, бензол та ін.);
- подразнюючі — викликають подразнення слизових оболонок і дихальних шляхів (хлор, аміак, оксиди сірки, азоту, озон та ін.);
- канцерогенні — призводять до появи злоякісних новоутворень (азбест, нікель, хром, сажа, мінеральні масла та ін.);
- сенсибілізуючі — діють як алергени (формальдегід, різні розчинники, лаки на основі нітросполук та ін.);
- мутагенні — призводять до зміни спадкової інформації (свинець, марганець, радіоактивні ізотопи та ін.);

— такі, що впливають на репродуктивну (дітородну) функцію (ртуть, свинець, стирол, радіоактивні ізотопи та ін.).

Ефективне запобігання несприятливій дії шкідливих речовин на організм працівників при проектуванні промислових будов, технологічних процесів, устаткування і вентиляції є можливим при наявності науково обґрунтованих і обов'язкових для виконання нормативів санітарного обмеження вмісту шкідливих речовин у повітрі робочої зони, здійсненні систематичного нагляду за складом і концентрацією окремих речовин та їх комбінацій, комплексу оздоровчих заходів.

До показників санітарного обмеження шкідливих речовин у повітрі робочої зони належать гранично допустимі концентрації (ГДК) та орієнтовні безпечні рівні дії (ОБРД).

За ступенем дії на організм людини шкідливі речовини згідно з ГОСТом 12.1.007-76 поділяються на чотири класи небезпечності:

- 1-й — надзвичайно небезпечні;
- 2-й — високонебезпечні;
- 3-й — помірно небезпечні;
- 4-й — малонебезпечні.

Клас небезпечності шкідливих речовин встановлюється залежно від норм і показників, поданих у табл. 8.1.

Таблиця 8.1

Класифікація шкідливих речовин за ступенем небезпечності

Показник	Норма для класу небезпечності			
	1-го	2-го	3-го	4-го
Гранично допустима концентрація (ГДК) шкідливих речовин у повітрі робочої зони, мг/м ³	менше 0,1	0,1—1,0	1,1—10,0	понад 10,0
Середня смертельна доза при потрапленні в шлунок, мг/кг	менше 15	15—150	151—5000	понад 5000
Середня смертельна доза при потрапленні на шкіру, мг/кг	менше 100	150—500	501—25000	понад 25000
Середня смертельна концентрація в повітрі, мг/м ³	менше 500	500—5000	5001—50000	понад 50000
Коефіцієнт можливості інгаляційного отруєння (КМІО)	понад 300	300—30	29—3	менше 3
Зона гострої дії	менше 6,0	6,0—18,0	18,1—54,0	понад 54,0
Зона хронічної дії	понад 10,0	10,0—5,0	4,9—2,5	менше 2,5

Клас небезпечності шкідливої речовини визначають за ГДК або показником, значення якого відповідає найбільш високому класу небезпечності.

Установлення факту токсичної дії на організм працівника виробничих шкідливих чинників і визначення ГДК для цих сполук при-

зводять до необхідності ретельного контролю їх концентрацій у повітрі виробничих приміщень.

Засоби і способи санітарно-хімічного аналізу повітря поділяють на три основні групи: лабораторні, експресні й автоматичні (останні забезпечують безперервний контроль повітря виробничих приміщень). При розробці всіх видів засобів використовують різні аналітичні методи: хімічні, фізичні, фізико-хімічні, біохімічні.

Відомо більше 200 різних методик визначення концентрації шкідливих домішок у повітрі виробничих приміщень.

Найбільш точними вважаються лабораторні методи, але вони не завжди виявляються простими та оперативними, і застосовують їх в основному при проведенні науково-дослідних робіт.

Експресні методи визначення концентрацій шкідливих речовин у повітрі виробничих приміщень є простими та оперативними. Вони ґрунтуються на використанні спеціальних приладів — газоаналізаторів різних конструкцій. Найчастіше в практиці експресного аналізу використовується індикаційний метод.

В основі індикаційних методів аналізу повітряного середовища лежать колориметричні реакції, які відбуваються на твердих носіях (папірцях, грудочках крейди, порошках тощо), просочених індикаторними речовинами. У результаті хімічної взаємодії речовини, що аналізується, з реактивами забарвлення носія змінюється. Інтенсивність цього забарвлення є пропорційною концентрації аналізованої речовини.

Результати аналізу можна реєструвати двома методами: колориметричним і лінійно-колористичним. За колориметричним методом результати аналізу одержують шляхом порівняння кольору та інтенсивності забарвлення зі стандартною кольоровою шкалою або із заздалегідь виготовленими еталонними трубками.

За лінійно-колористичним методом результати аналізу визначають за довжиною забарвленого стовпчика індикаторного порошку, яка вимірюється за шкалою, градуйованою в мг/м³.

Лінійно-колористичний метод є основним і має широке застосування в практиці експресного аналізу повітряного середовища виробничих приміщень щодо вмісту шкідливих парів і газів. Цей метод дає змогу виконувати хімічний аналіз повітря у процесі відбору проб. На цьому методі ґрунтується принцип дії поширеного газоаналізатора УГ-2, призначеного для експресних санітарно-хімічних досліджень повітряного середовища.

8.2. Опис газоаналізатора УГ-2, методики й порядку проведення аналізу

Універсальний газоаналізатор УГ-2 — це повітровідбірний пристрій із трьома штоками, до якого додається набір реактивів із приладдям, до складу якого входять вимірювальні шкали (на кожен газ, що визначається), ампули з індикаторами і фільтрувальними порошками та спецкомплект ЗІП для виготовлення індикаторних трубок і фільтрувальних патронів.

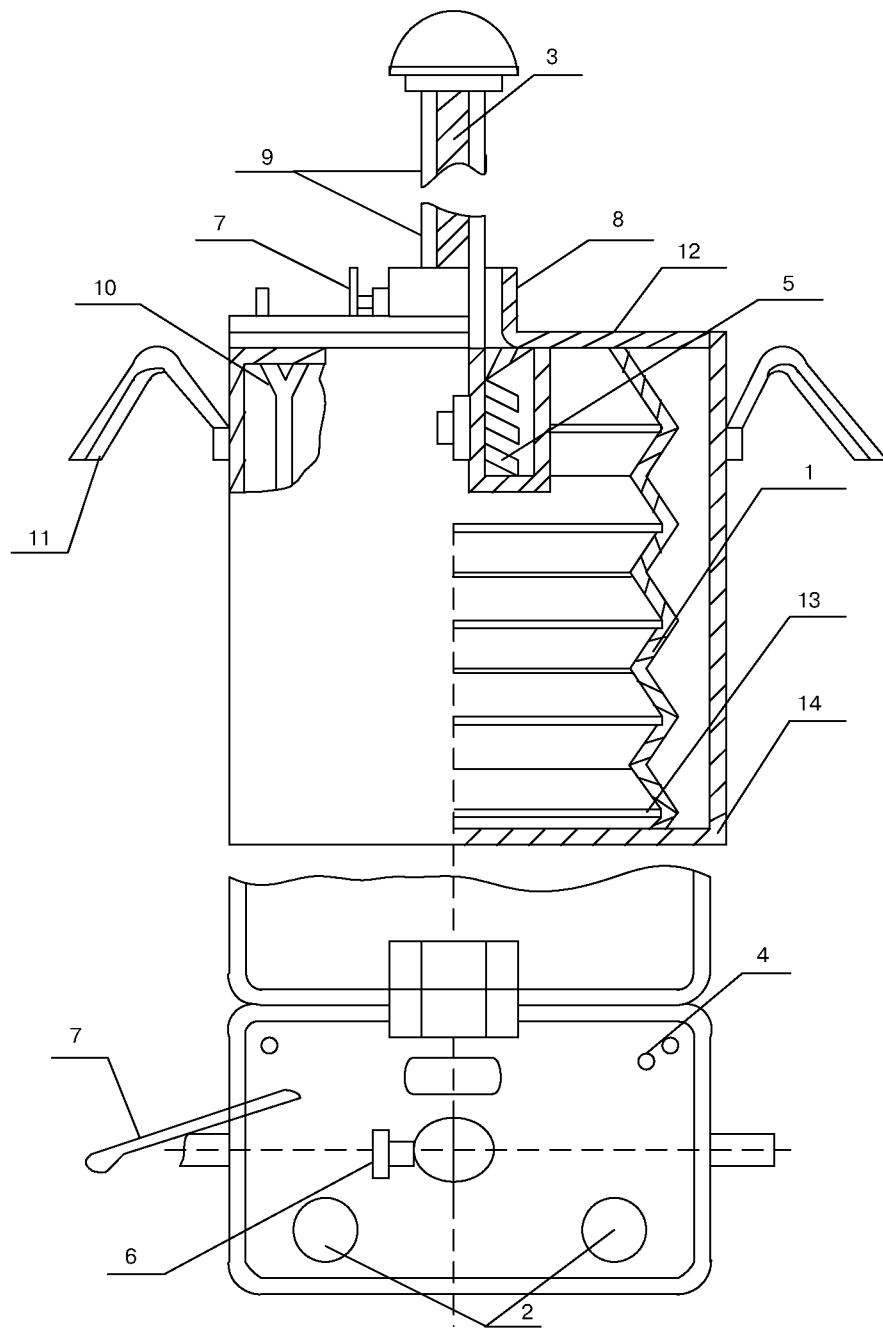


Рис. 8.1. Повітровідбірний пристрій УГ-2

Повітровідбірний пристрій (рис. 8.1) складається з металевого корпусу 14, усередині якого є гумовий сильфон 1 з двома фланцями і стаканом. У стакані розміщена стиснута пружина 5, яка утримує сильфон у розтягнутому стані. У внутрішніх гофрах сильфона встановлені розпірні кільця 13 для надання сильфону жорсткості та збереження постійного об'єму. На верхній платі 12 закріплений штуцер 10, нижній кінець якого з'єднаний за допомогою гумової трубки 11 з внутрішньою порожниною сильфона. На верхній кінець штуцера надіта відповідна гумова трубка 6, до якої приєднується індикаторна трубка. В отвір 4 на платі укладається шток для зберігання (штоки позначені цифрою 2).

Повітря, яке досліджується, просмоктується через індикаторну трубку після заздалегідь стиснутого сильфона. Стискають сильфон натисканням рукою на головку штока 3, розміщеного у втулці 8, що направляє його.

На циліндричній поверхні штока є чотири поздовжні канавки 9, кожна з двома заглибленнями, які служать для фіксування (заціпуння) стопором 7 ходу штока, який рухається від дії пружини сильфона. Відстань між двома заглибленнями на канавках підібрана таким чином, щоб при ході штока від одного заглиблення до другого сильфон забирав точно визначену кількість повітря, встановлену для аналізу тієї чи іншої речовини.

Об'єм повітря, що просмоктується сильфоном через індикаторні трубки, показано на гранях під головкою штока.

Індикаторна трубка для кількісного визначення газу, що аналізується, — це скляна трубка довжиною 90—91 мм з внутрішнім діаметром 2,5—2,6 мм, яка заповнена індикаторним порошком. Порошок у трубці утримується за допомогою двох пижів з мідного емальованого дроту діаметром 0,27—0,28 мм. Для попередження вдавлення дротових пижів у поверхню порошку між ними і порошком укладають тонкий (0,5 мм) шар вати.

Для захисту індикаторного порошку від впливу сторонніх дій відкриті кінці трубок герметизують ковпачками з конторського сургучу.

Фільтрувальний патрон — це скляна трубка з двома перетяжками довжиною 92 мм і діаметром 12 мм, звужена з одного краю до 5 мм, а з другого — до 8 мм та заповнена порошками. Порошки у трубці утримуються двома тампонами з гігроскопічної вати.

Аналіз повітря слід проводити в такому порядку.

Перед тим як розпочати аналіз, необхідно заздалегідь приготувати індикаторні трубки і фільтрувальні патрони.

Готові індикаторні трубки і фільтрувальні патрони, які є в комплекті ЗІП, мають використовуватися як зразки.

Дані, необхідні для виконання аналізу, наведені в додатках 8А, 8Б.

Концентрацію шкідливих газів і парів у повітрі виробничих приміщень визначають у такому порядку.

1. На місці проведення аналізу відкрити прилад (див. рис. 8.1), відвести стопор 7 та у втулку 8, яка направляє шток, вставити шток 3 так, щоб наконечник стопора міг ковзати по тій канавці штока, над якою показано об'єм повітря, який необхідно просмоктати для аналі-

зу певної речовини. Потім, натиснувши рукою на головку штока, стискати сильфон 1, доки наконечник стопора не ввійде у верхнє заглиблення в канавці штока (почується клацання).

Не допускати стискання сильфона при натиснутій або перегнутій гумовій трубці. При приєднаній індикаторній трубці повітря із сильфона має виходити вільно.

2. За допомогою шкрібка прибрати з кінців індикаторної трубки захисні сургучні ковпачки, трубку при цьому необхідно тримати ковпачком униз, щоб запобігти її засміченню шматочками сургучу. Стучаючи штирком по стінці трубки, перевірити ущільнення індикаторного порошку; якщо при цьому між стовпчиком порошку і пижом утвориться просвіт, то видалити його натисканням штирка на пиж.

3. Приєднати індикаторну трубку до кінця відвідної гумової трубки 6. Потім зняти заглушки з фільтрувального патрона і приєднати його вузьким кінцем за допомогою гумової трубки до вільного кінця індикаторної трубки.

Фільтрувальні патрони використовуються лише в тому випадку, якщо в повітрі присутні такі домішки, які заважають визначенню речовини, що аналізується.

4. Приєднати до вільного кінця фільтрувального патрона (або індикаторної трубки — за відсутності патрона) відвідну гумову трубку від дрекселя з речовиною, що аналізується.

5. Натискаючи рукою на головку штока 3, відтягти стопор 7 з заглиблення на канавці. Щойно шток почне пересуватися від дії пружини, стопор відпустити; в цей час відбувається просмоктування повітря через індикаторну трубку. Після припинення руху штока (при цьому почується клацання) необхідно витримати паузу, тому що просмоктування ще триває внаслідок залишкового вакууму в сильфоні. Якщо заціпання штока не вкладається у визначений час, то це свідчить про неправильну набивку індикаторної трубки і недостовірність аналізу.

Якщо індикаторний порошок у трубці забарвлюється повністю або припускається наявність високих концентрацій, то в таких випадках просмоктують мінімальні об'єми досліджуваного повітря, зазначені в додатку 8А; при наявності малих концентрацій — максимальні.

6. Сполучити початок забарвленого стовпця індикаторного порошку в трубці з рівнем нульової відмітки відповідної шкали. Цифра, що збігається з межею забарвленого стовпчика, показує концентрацію речовини, яка аналізується, в мг/м³.

Для точності визначення необхідно провести два-три аналізи. Результати аналізу записати в табл. 8.2.

Таблиця 8.2

Результати визначення наявності шкідливих речовин у повітрі

Газ (пара), що визначається	Об'єм повітря, що просмоктується, мл	Тривалість просмоктування, хв	Концентрація газів (парів), мг/м ³	
			Фактична	Гранично допустима

8.3. Порядок виконання роботи

1. Вивчити влаштування і правила користування газоаналізатором УГ-2.
2. Визначити концентрацію речовини, що міститься в повітрі, яке аналізується.
3. Скласти звіт і зробити висновки по роботі. У висновках показати, використовуючи додаток 8Б:
 - клас небезпечності речовини (див. табл. 8.1);
 - характер її токсичної дії;
 - засоби індивідуального захисту під час роботи з цією речовиною і т.д.

8.4. Звіт

1. Мета роботи.
2. Стислий опис пристрою.
3. Таблиця результатів визначення (за формою табл. 8.2).
4. Аналіз результатів.
5. Висновки.

Контрольні запитання і завдання

1. Наведіть класифікацію шкідливих речовин за характером дії на організм людини (ГОСТ 12.0.003-74*).
2. Якими шляхами потрапляють шкідливі речовини в організм людини?
3. Наведіть визначення поняття ГДК.
4. Наведіть класифікацію шкідливих речовин за ступенем дії на організм людини (ГОСТ 12.1.007-76).
5. Які існують лабораторні методи визначення вмісту шкідливих речовин у повітрі?
6. Охарактеризуйте експресні методи визначення вмісту шкідливих речовин у повітрі.

Джерела інформації

1. *Муравьева С.И., Казина Н.И., Прохорова Е.К.* Справочник по контролю вредных веществ в воздухе. — М.: Химия, 1988. — 320 с.
2. Методы определения вредных веществ в воздухе индикаторными трубками / Сост. М.И. Колесник, В.И. Жуков, М.И. Буковский. — М., 1983. — 47 с. (Обзорн. информ. / НИИ ТЭХИМ. Сер. «Техника безопасности»).
3. Метрологическое обеспечение безопасности труда: Справочник / Колл. авт. под ред. И.Х. Сологена. — Т.2: Измеряемые параметры химических, биологических и психофизиологических опасных и вредных производственных факторов. — М.: Изд-во стандартов, 1989. — 256 с.
4. ГОСТ 12.1.005-88. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны. Введен 01.07.89.
5. ГОСТ 12.1.007-76. Вредные вещества. Классификация и общие требования безопасности. Введен 01.01.77

Необхідні параметри при визначенні концентрацій токсичних парів і газів за допомогою УГ-2

Газ (пара), що визначається	Об'єм, що просмоктується, мл	Межі концентрацій, що визначаються, мг/м ³	Тривалість заціпання, с		Загальний час просмоктування, хв	Забарвлення, що утворюється
			від	до		
1	2	3	4	5	6	7
Сірчистий ангідрид	300 60	0—30 0—300	110	160	5 3	біле
			миттєво			
Етиловий ефір	400	0—3000	405	435	10	зелене
Ацетилен	265 60	0—1400 0—6000	190	230	5 3	світло-коричневе
			миттєво			
Окис вуглецю	220 60	0—120 0—400	200	280	8	коричневе кільце
			миттєво			
Сірководень	300 30	0—30 0—300	140	200	5 2	коричневе
			миттєво			
Хлор	350 100	0—15 0—80	285	330	7 4	червоне
			20	25		
Аміак	250 30	0—30 0—300	120	160	4 2	синє
			миттєво			
Окиси азоту	325 150	0—50 0—200	260	330	7 5	червоне
			800	130		
Бензин	300 60	0—1000 0—5000	200	230	7 4	світло-коричневе
			миттєво			
Бензол	350 100	0—200 0—1000	255	290	7 4	сіро-зелене
			20	23		
Толуол	300 100	0—500 0—2000	200	230	7 4	темно-коричневе
			20	25		
Ксилол	300 100	0—500 0—2000	100	132	4 3	червоно-фіолетове
			16	26		
Ацетон	300	0—2000	180	240	7	жовте
Вуглеці нафти	300	0—1000	200	230	7	світло-коричневе

Токсикологічна характеристика деяких шкідливих речовин

Бензин

Бензин впливає на людину як наркотична речовина, подібно до метанових вуглеводнів і циклопарафінів. Характерним є розвиток судом. Кров'яний тиск під впливом бензину знижується, сповільнюється пульс. При дуже високих концентраціях парів бензину можливі миттєві отруєння. При хронічній дії парів бензину на організм людини спостерігаються функціональні розлади (неврастенія, істерія), що супроводжуються м'язовою слабкістю, млявістю, стомлюваністю, схудненням, роздратованістю.

Концентрація парів бензину 35—40 мг/л є небезпечною для життя навіть при вдиханні протягом 5—10 хвилин. При дії на шкіру бензин викликає як гострі, так і хронічні захворювання: лущення може перейти в професійний дерматит.

Невідкладна терапія при легких отруєннях: свіже повітря, спокій, тепло. При тяжких отруєннях: інгаляція зволеним киснем, яка чергується з вдиханням карбогену.

Гранично допустима концентрація бензину розчинника — 300 мг/м³, паливного — 100 мг/м³. Клас небезпечності — 4.

Індивідуальний захист: при малих концентраціях фільтруючий протигаз марки А. Для захисту шкіри рук використовують пасти типу «біологічні рукавички».

Бензол С₆Н₆

Пари бензолу діють на центральну нервову систему (наркотична і судомна дії). При багаторазовій дії низьких концентрацій відбуваються зміни з боку крові і кровотворних органів. При дуже високих концентраціях спостерігається миттєва втрата свідомості і смерть протягом кількох хвилин. При менших концентраціях — збудження, подібне алкогольному, потім сонливість, загальна слабкість, запаморочення, нудота, блювота, головний біль, втрата свідомості.

При важких отруєннях розвиваються симптоми нервових захворювань. При дії бензолу на шкіру спостерігаються сухість, тріщини, свербіж, почервоніння.

Невідкладна терапія при різкому ослабленні або повній зупинці дихання: негайно почати штучне дихання методом «з рота в рот». Адреналін та адреноміметичні препарати протипоказані. Гранично допустима концентрація парів бензолу — 5 мг/м³. Клас небезпечності — 3.

Індивідуальний захист: фільтрувальний протигаз марки А. Для захисту шкіри рук використовуються мазі «Ялот», ХІОТ, «Мазь Селіського».

Толуол С₆Н₅СН₃

У високих концентраціях толуол діє наркотично. На нервову систему діє сильніше, ніж бензол, більшою виявляється і подразнювальна дія парів.

Симптоми отруєння: головний біль, нудота, блювота, розладнання рівноваги, втрата свідомості. При дії на шкіру викликає сухість, тріщини шкіри, дерматити.

Невідкладна терапія: та сама, що і при отруєнні бензином, бензолом.

Гранично допустима концентрація — 50 мг/м³. Клас небезпечності — 4.

Індивідуальний захист подібний до захисту від бензолу.

Ксилол C₆H₄(CH₃)₂

За загальним характером токсичної дії — це наркотик, схожий на бензол і толуол. При тривалій дії спостерігаються зміни в кровотворних органах.

При концентрації 0,87 мг/л протягом 3—5 хвилин ксилол викликає подразнення очей, носа, горла; при гострих отруєннях — запаморочення, серцебиття, сп'яніння, затерпість рук, ніг, озноб, задишку, іноді нудоту і блювоту; в тяжких випадках можлива втрата свідомості, а при пробудженні спостерігаються збудження, головні та шлункові болі, безсоння.

Симптоми хронічного отруєння: головний біль, втомлюваність, загальна слабкість, шум у вухах, запаморочення, серцево-судинні розлади, кон'юнктивіти, носові кровотечі, запальний стан носоглотки.

При дії рідкого ксилолу на шкіру можливе ураження шкірних покривів у вигляді екземи та інших зовнішніх захворювань.

Гранично допустима концентрація — 50 мг/м³. Клас небезпечності — 4.

Невідкладна терапія й індивідуальний захист подібні до захисту від похідних бензолу.

Ацетон CH₃COCH₃

За загальним характером дії — наркотик, послідовно уражає всі відділи центральної нервової системи. При вдиханні протягом тривалого часу накопичується в організмі; токсичний ефект залежить не тільки від концентрації, а й від часу дії.

Невідкладна терапія: свіже повітря. При непритомності: вдихання нашатирного спирту, міцний чай або кава, інгаляція киснем, кофеїн з амідопірином.

Гранично допустима концентрація — 200 мг/м³. Клас небезпечності — 4.

Індивідуальний захист: фільтрувальний протигаз марки А. При дуже високих концентраціях: ізолювальні шлангові протигазы з примусовою подачею повітря.

При тривалому контакті необхідно захищати шкіру: рукавички (з полівінілового спирту, полівінілхлориду, хлорсульфованого поліетилену), використання захисних мазей і паст типу «невидимі рукавички», паста ПМ-1 і ЕР-1.

Сірчистий ангідрид SO₂

Загальний характер дії: подразнює дихальні шляхи, викликає спазми бронхів і збільшення опору дихальних шляхів. Загальна дія поля-

гає в порушенні вуглеводного і білкового обміну, в пригніченні окислювальних процесів головного мозку, печінки, селезінки, м'язів, у подразненні кровотворних органів.

Одноразове вдихання дуже високих концентрацій призводить до задишки, синюхи, розладу свідомості. Гострі отруєння зі смертельним наслідком бувають дуже рідко.

При хронічному отруєнні спостерігаються хронічні захворювання дихальних шляхів, які супроводжуються астмоподібними нападами. Руйнуються зуби.

Дія на шкіру й очі: при концентрації 26 мг/л людина (в протигазі) відчуває роздратування.

Невідкладна терапія: вивести на свіже повітря, звільнити від тісного одягу; інгаляція киснем, промивання очей, носу, полоскання 2% розчином соди. Гранично допустима концентрація — 10 мг/м³. Клас небезпечності — 3.

Індивідуальний захист: фільтрувальний протигаз марки В.

Аміак NH₃

Висока концентрація аміаку викликає рясну сльозотечу і біль в очах, задуху, сильні напади кашлю, запаморочення, болі в шлунку, блювоту, затримку сечі.

Наслідками отруєння може бути помутніння кришталіка, рогівки, навіть її прорив і втрата ока, охриплість і повна втрата голосу, хронічний бронхіт, емфізема легенів, кровохаркання, можлива активізація туберкульозного процесу.

При потраплянні на шкіру викликає сильний біль, почервоніння і при більш тривалій дії утворення пухирів. Потрапляння в очі може призвести до повної сліпоты.

Невідкладна терапія: при потраплянні в очі негайно рясно промити широко відкрите око водою або 0,5—1% розчином галуноу; шкіру змастити вазеліном або оливою. При різких болях закапати в око 1—2 краплі 1% розчину новокаїну або 1 краплю 0,5% розчину дикаїну з адреналіном.

Гранично допустима концентрація — 20 мг/м³. Клас небезпечності — 4.

При ураженні шкіри: обмивання чистою водою, накладення примочки з 5% розчину оцтової, лимонної, виннокам'яної або хлористоводневої кислоти.

Індивідуальні засоби захисту та застережені заходи: захисні окуляри марки ПО-3 та ін.; рукавички з лугостійкої гуми; спецодяг із цупкої тканини; протигаз КД, а при відсутності в повітрі органічних речовин використовують і протигаз марки М; герметизація всієї апаратури; місцева і загальнообмінна вентиляція.

ДОСЛІДЖЕННЯ ЗАПИЛЕНОСТІ ПОВІТРЯ

Мета роботи — вивчення методів дослідження виробничого пилу; засвоєння вагового і лічильного методів визначення запиленості повітря; ознайомлення з вимірювальною апаратурою та експериментальне визначення вмісту пилу в повітрі, гігієнічна оцінка запиленості повітря робочої зони.

9.1. Виробничий пил, джерела та фактори, що визначають ступінь його шкідливості

Виробничий пил — це тверді частки різних речовин розміром від кількох десятків до часток мікрметра, які здатні тривалий час перебувати в повітрі у зваженому стані.

Пил може бути в стані *аерогелю*, тобто який уже осів, і в стані *аерозолю*, тобто той, що перебуває у завислому стані. Аерозоль — це складна аеродинамічна дисперсна система, в якій дисперсним середовищем є повітря, а дисперсною фазою — пилові частки.

Пил з'являється в результаті процесів дезінтеграції (аерозоль дезінтеграції) і конденсації з пароподібного стану (аерозоль конденсації).

Процеси подрібнювання і руйнування матеріалів — основна причина утворення пилу в повітрі робочої зони при помолі, бурінні, вибухових і вантажно-розвантажувальних роботах, при механічній обробці виробів (шліфуванні, поліруванні) та ін. Аерозоль конденсації утворюється при термічних процесах сублімації твердих речовин (плавленні, електрозварюванні та ін.), охолодженні та конденсації парів металів (плазмовому напилюванні) і неметалів (пластмас). Іноді при металорізальних, шліфувальних, полірувальних та інших роботах мають місце аерозолі змішаного характеру. Їхня дисперсна фаза містить частки, які утворюються як при дезінтеграції матеріалів, так і при конденсації парів.

За природою пил поділяють на *органічний, неорганічний і змішаний*. Органічний може бути природним (деревний, кістковий, вовняний та ін.) і штучний (аерозолі пластмас, барвників, антибіотиків, гормонів, отрутохімікатів та ін.). Неорганічний пил може бути мінеральним (цементним, азбестовим тощо) і металевим (залізним, цинковим, свинцевим та ін.).

За розмірами часток пил класифікують на *видимий* (понад 10 мкм), *мікроскопічний* (0,25—10 мкм) і *ультрамікроскопічний* (менше 0,25 мкм).

За пошкоджуючим ефектом виробничі пили поділяють на *фіброгенної* (що викликають ураження органів дихання), *загальнотоксичної* (пил отруйних речовин, який викликає порушення життєдіяль-

ності організму), *канцерогенної* (що сприяє розвитку новоутворень в організмі, в тому числі злоякісних), *подразнюючої, алергічної, радіоактивної* та іншої дії на організм. Крім того, пилові частки можуть бути носіями вірусів, бактерій, інших мікроорганізмів і ставати причиною захворювань (туберкульозу, легеневої форми сибірської виразки та ін.).

При вдиханні пилів 30—50% їх затримується у верхніх дихальних шляхах — порожнині носа і носової частини глотки, 10% проникає в бронхіоли і альвеоли, решта затримується слизовою оболонкою трахеї і бронхів.

Надходження пилів у дихальну систему може бути причиною гострого запалення слизової оболонки верхніх дихальних шляхів, особливо порожнини носа, її гіпертрофії, а дія токсичних пилів може призвести до її некротичних змін. При тривалій дії пилів гострий запальовальний процес може перейти в хронічний з ураженням слизових оболонок глотки, гортані і трахеї, її атрофії.

Найбільш характерними хронічними пиловими профзахворюваннями є *пневмоконіози* і *хронічний бронхіт*.

При пневмоконіозах відбуваються фіброзні зміни легенів. Виділяють такі основні види пневмоконіозів:

- ♦ *силікоз* — розвивається в результаті вдихання пилу, який містить вільний двоокис кремнію;

- ♦ *силікатоз* — виникає при вдиханні пилу мінералів, які вміщують двоокис кремнію у зв'язаному стані (азбест, тальк, цемент, скловолокно та ін.);

- ♦ *металоконоіози* — з'являються від дії пилу металів (берилію, марганцю тощо).

Найважча форма пневмоконоіозу — силікоз, при якому, поряд із розростанням фіброзної тканини вздовж бронхів, судин, альвеол та порушенням функції дихання, відзначається розвиток емфіземи, хронічного бронхіту, легеневого серця, реєструються зміни імунної системи, обмінних процесів, порушення діяльності нервової системи. Постійно зростаючий при силікозі імунний дефіцит спричиняє розвиток туберкульозу, бронхіту, злоякісних новоутворень у легенях.

Пил може несприятливо впливати на органи зору: викликати запальовальні процеси в кон'юнктиві — кон'юнктивіти, помутніння кришталика — катаракту, кератити та ін.

На шкіру пил чинить подразнюючу, сенсibiliзуючу і фотодинамічну дію. Подразнення шкірних покривів пилом викликає появу дерматитів. Тривалий контакт з аерозолями мастильно-охолоджувальних рідин (МОР) спричиняє розвиток масляних фолікулів. Вплив на шкіру виробничих алергенів (синтетичні клеї, капрон, пил міді, хрому, кобальту), пил трав, бавовни, льону, пір'я тощо призводить до виникнення алергічних дерматозів і екзем. Постійний контакт із продуктами переробки кам'яного вугілля і нафти на тлі інсоляції зумовлює розвиток фотодерматозів.

Ступінь шкідливої дії пилу залежить від його фізико-хімічних властивостей (хімічного складу, розчинності, дисперсності, форми і струк-

тури часток, електрзарядженості, радіоактивності) і *пилового навантаження (ПН)*.

ПН — маса часток пилу, яка надходить в органи дихання за певний відрізок часу (робочу зміну, місяць, рік, увесь період роботи).

Від ступеня дисперсності пилу залежить тривалість його перебування в повітрі і глибина проникнення в органи дихання. Найбільшу небезпеку для організму має дрібнодисперсний пил із розміром часток менше 10 мкм (особливо розмірами 1—2 мкм). Мають значення форма часток пилу (найнебезпечніша форма — голчата) та їх електрзарядженість (негативно заряджені частки довше затримуються в повітрі). При вдиханні з повітрям радіоактивних часток і при затриманні їх у легенях і лімфатичних вузлах можуть виникати променеві опіки, при адсорбції в крові вони стають джерелом внутрішнього опромінювання інших тканин.

Пилове навантаження залежить від ступеня запиленості повітря. Отже, для запобігання професійних отруєнь і захворювань вміст пилу в повітрі не повинен перевищувати гранично допустимих концентрацій (ГДК, мг/м³), запроваджених санітарними нормами і наведених у [1].

Крім шкідливої дії на організм людини пил також підвищує зношення обладнання, головним чином тих частин, які труться одна об одну, збільшуючи кількість бракованої продукції. При певному вмісті горючих пилів у повітрі можуть утворюватися вибухові суміші.

Значна концентрація пилу в повітрі погіршує видимість, що спричиняє зростання травматизму, зниження продуктивності праці.

Крім того, з вихідними промисловими газами (повітрям) викидається багато цінних продуктів (у вигляді пилу), які забруднюють атмосферу і безповоротно втрачаються, що завдає економічних збитків народному господарству.

При роботі в приміщеннях з високою запиленістю слід користуватися *індивідуальними захисними засобами: респіраторами* (масками зі спеціальними протипиловими фільтрами), киснеізолювальним **приладом**, а також **протипиловими окулярами** і **спецодягом**.

9.2. Методи визначення запиленості, вимірювальні прилади та обладнання

9.2.1. Методи вимірювання запиленості повітря

Для оцінки запиленості повітряного середовища необхідно визначити масову концентрацію пилу (мг/м³) у повітрі виробничого приміщення, його дисперсний склад, а також кількість порошинок в одиниці об'єму повітря і їх форму.

Із метою розробки ефективних методів боротьби з пилом проводять гігієнічну оцінку пилу. Вона включає його кількісну й якісну характеристику.

Кількісно виробничий пил може бути оцінений за всією масою пилу, наявним у зоні дихання, або за кількістю пилинок в одиниці об'єму повітря. Ці показники характеризують запиленість повітря

в робочій зоні. Якісну характеристику пилу дають на підставі вивчення його хімічних властивостей, дисперсності (співвідношення часток різного розміру), форми пилинок.

Методи визначення запиленості повітря поділяють на дві групи:

- *прямі методи*, які ґрунтуються на попередньому осадженні пилових часток (фільтраційні, седиментаційні та ін.) з подальшим їх зважуванням або підрахунком;

- *непрямі методи* (без виділення дисперсної фази або з осадженням її на підкладку) — механічний, вібраційно-частотний, електричний (полягає у вимірюванні зарядів часток пилу при розрахунку електричних імпульсів від заряджених часток, що надходять у датчик), радіаційний, оптичний (ґрунтується на поглинанні або розсіюванні світла завислими частками), радіоізотопний (за ступенем поглинання β-часток від ізотопу ¹⁴C з пилом, осадженим на підкладку), дисперсіометричний (на підставі визначення опору фільтра залежно від кількості відфільтрованого пилу), п'езоелектричний (вимірювання частоти коливань п'езоелектричної пластини залежно від осадженого пилу) та ін.

Дисперсність пилу і форму пилинок установлюють *методом мікроскопії*.

Гігієнічний пиловий контроль може бути *періодичним* (короткочасне разове вимірювання концентрації пилу) або *постійним*, здійснюваним за допомогою автоматичних приладів і систем або індивідуальних пиловідбірників. Для технічного контролю застосовуються експрес-пиломіри, які вимірюють концентрацію пилу за період, який не перевищує 5 хвилин.

Існує два типи автоматичних пиловимірювальних приладів і систем. Вимірювання в них здійснюється за допомогою електричних, оптичних і радіоізотопних методів.

Розробляються автоматичні системи з дистанційною передачею інформації на диспетчерські пункти й автоматичним управлінням режимами роботи засобів боротьби з пилом.

Індивідуальні пиловідбірники — це прилади для оцінки пилового навантаження. За їх допомогою можна оцінити середньозмінні значення рівнів запиленості повітря, що вдихуються робітниками.

Для прямого (вагового) визначення концентрації пилу використовується система, що складається з комплексу приладів:

- аспіратора-822 (з витратою повітря 1,0—20,0 л/хв) або портативних аспіраторів (з об'ємною швидкістю 5—50 л/хв);
- аналітичних аерозольних фільтрів АФА-ВП-10, АФА-ВП-20 зі ступенем затримки аерозольних часток не менше 95%;
- терезів;
- секундоміра.

Похибка цього методу вимірювання становить $\pm 10\%$.

Для непрямого вимірювання концентрації пилу використовуються:

- радіоізотопний пиломір ПРИЗ-2 з автономним і мережним живленням (діапазон вимірювань становить 1—500 мг/м³ при тривалості вимірювань від 45 с до 4 хв, похибка вимірювань $\pm 20\%$);

- вимірювач концентрації пилу ИКП-3Д (діапазон вимірів — 0,1—1000,0 мг/м³ при тривалості вимірювань від 0,2—2 хв, похибка ± 25%);
- радіоізотопний пиломір ИЗВ-3 (діапазон вимірювань 0,25—50,0 мг/м³, похибка вимірювань — ± 30 %);
- радіоізотопний вимірювач концентрації пилу РИП-5 (діапазон вимірювань до 5 мг/м³ при відборі 200 л; до 50 мг/м³ — при відборі 20 л; похибка вимірювань ± 20%);
- портативний радіоізотопний швидкодіючий вимірювач із цифровою індикацією результатів вимірювань ИКАР-2 (діапазон вимірювань, 1—500 мг/м³);
- переносні лабораторії для контролю аерозольного забруднення навколишнього середовища АПЛ-1 і АПЛ-2 (діапазон вимірювань, відповідно, 0,01—50,0 мг/м³ і 0,1—25,0 мг/м³).

Для відбору проб повітря на промислових підприємствах в основному використовується електричний аспіратор «АЭРА».

У нашій країні вимірювання концентрації пилу регламентовано методичними рекомендаціями Міністерства охорони здоров'я України «Измерение концентрации аэрозолей преимущественно фиброгенного действия» №4436—87.

Залежно від мети вимірювань визначають максимально-разові і середньозмінні концентрації пилу за масою часток (усіх часток, що витають у повітрі) в одиниці об'єму повітря. Для цього використовують прилади і пристрої, дія яких ґрунтується на прямому і непрямому методах вимірювання вмісту пилу.

Концентрацію пилу вимірюють у зоні дихання або на відстані від неї не більш ніж 1—1,5 м і на висоті 1,8 м від підлоги. Якщо робоче місце не фіксоване, вимірювання концентрації пилу проводять у точках робочої зони, в яких працівник перебуває більш ніж 50% часу зміни.

Найбільш простим і надійним методом визначення масової концентрації пилу є *ваговий метод*. Метод полягає у затримці пилу на фільтрі при протяжці через нього певного об'єму запиленого повітря. Знаючи масу фільтра до і після відбору проби, можна визначити вміст пилу в одиниці об'єму повітря:

$$Q = \frac{P_1 - P}{V_0}, \quad (9.1)$$

де Q — вагова концентрація пилу, мг/м³; P_1 — маса фільтра після відбору проби, мг; P — маса фільтра до відбору проби, мг; V_0 — об'єм повітря, що протягується через фільтр, приведений до нормальних умов, тобто до такого об'єму, який він займав би при температурі 0°C і тиску 760 мм рт. ст., м³.

Об'єм повітря при нормальних умовах

$$V_0 = \frac{V_t \cdot 273 \cdot B}{(273 + t) \cdot 760}, \quad (9.2)$$

де V_t — об'єм повітря, протягнутого при температурі t і тиску B , м³; B — барометричний тиск у місці відбору проби, мм рт. ст.; t — температура повітря в місці відбору проби, °C.

Оцінка пилового фактора проводиться шляхом порівняння отриманих значень максимально-разових концентрацій (МРК) пилу з гранично допустимими концентраціями (ГДК, мг/м³), установленими ГОСТом 12.1.005-88.

МРК пилу — концентрація пилу, що визначається за результатами безперервного або дискретного відбору проб повітря в зоні дихання працівників або у робочій зоні за проміжок часу, що дорівнює 30 хв, при технології процесу, яка супроводжується максимальним утворенням пилу.

При розрахунку *пилового навантаження* (ПН) на органи дихання використовують значення *середньозмінних концентрацій* (СЗК).

СЗК — концентрація пилу, що визначається за результатами безперервного або дискретного відбору проб повітря в зоні дихання працівників або у робочій зоні за проміжок часу, що дорівнює 75% тривалості зміни.

Пилове навантаження визначається за такою формулою:

$$\text{ПН} = \text{СЗК} \cdot t_{\text{дії}} \cdot V_{\text{дих.прац}}, \quad (9.3)$$

де СЗК — середньозмінна концентрація пилу, мг/м³; $t_{\text{дії}}$ — тривалість дії; $V_{\text{дих.прац}}$ — об'єм дихання працюючого.

Недоліком вагового методу є те, що він не дає уявлення про якісну характеристику пилу, без якої неможлива повна оцінка запиленості. Одна й та сама вагова кількість пилу може бути показником як наявності в повітрі відносно незначної кількості великих часток, так і безлічі дрібних, але з точки зору поведінки пилу в повітрі і дії його на організм людини ці випадки є зовсім різними.

Лічильні методи дослідження запиленості повітря служать для визначення кількості порошинок, що містяться в 1 см³ повітря.

Обчислити кількість часток можна шляхом виділення їх із повітряного середовища, а також безпосередньо в потоці запиленого повітря.

Подібне дослідження може бути виконане за допомогою:

- *мікроскопів* — візуальне визначення числа і розмірів пилових часток;
- *фотоелектричних лічильників* (АЗ-5), які реєструють кількість і розміри пилових часток у повітряному потоці завдяки ефекту розсіювання світла;
- *седиментаторів*, які осаджують порошинки на скло для подальшого їх обчислення під мікроскопом.

Фотоелектричний лічильник аерозольних часток АЗ-5 створює можливість виміряти дисперсний склад часток діаметром 0,4—10 мкм, а також загальну їх кількість.

Найчастіше для підрахунку часток застосовують мікроскоп. Для мікроскопічного дослідження пил, що міститься в певному об'ємі повітря, спочатку осаджують на предметне скло. Доцільно використовувати об'єктив 90× і окуляр 10×, причому це має бути сітчастий окуляр — мікромметр. Це кругле скло, на яке нанесена сітка зі 100 квадратиків із довжиною сторони 1 або 0,5 мм. Вигляд пилового препарату під мікро-

скопом з сітчастим окуляром (мікрометром) при малому збільшенні показано на рис. 9.1, а, при великому збільшенні — на рис. 9.1, б.

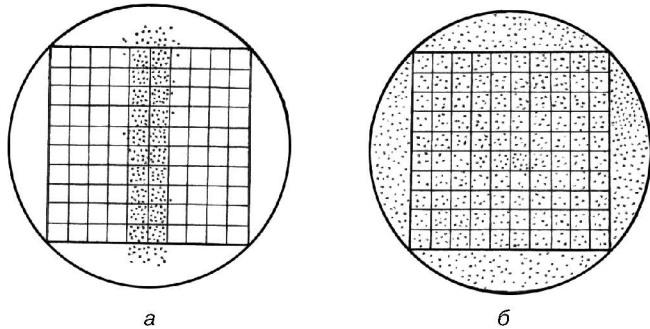


Рис. 9.1. Вигляд пилового препарата під мікроскопом

Щоб визначити кількість порошинок у всьому препараті, спочатку рахують, скільки міститься порошинок у середньому в одній поперечній смужці квадратиків. При цьому підраховують 3—5 поперечників і загальну кількість порошинок у них ділять, відповідно, на 3 або 5.

Довжина пилової доріжки на покривному склі визначається розмірами щілини в діафрагмі касети: для лічильника СП-2 вона дорівнює 10 мм або 10 000 мкм. Якщо при заданих оптичних умовах заздалегідь визначити довжину сторони малого квадратика окуляра-мікрометра, то, розділивши довжину пилової доріжки на цю довжину, можна підрахувати, яка кількість таких квадратиків розміститься на всій довжині пилової доріжки. Так, при об'єктиві 90[×], окулярі 10[×] і збільшенні 900[×] сторона малого квадратика окулярної сітки дорівнює 9 мкм, а можлива кількість смуг у пиловій доріжці 10 000 становить: $9 = 1111,1$.

Помноживши середню кількість порошинок в одній смужці на кількість таких смужок у пиловій доріжці, можна отримати загальну кількість порошинок препарату, а поділивши останню на об'єм протягнутого приладом повітря, отримуємо лічильний показник запиленості повітря P_c . У загальному випадку лічильний показник запиленості повітря (часток в 1 см³)

$$P_c = \frac{M_{\text{сер}} \cdot N}{Q}, \quad (9.4)$$

де $M_{\text{сер}}$ — середнє число порошинок в одній смужці квадратиків по ширині пилової смужки; N — можлива кількість смужок; Q — об'єм повітря, протягнутого через лічильник, см³.

Одночасно з підрахунком кількості порошинок визначають їх розмір і характерну форму.

Порошинки вимірюють під мікроскопом за допомогою окулярної лінійки-мікрометра або окулярного гвинтового мікрометра (рис. 9.2).

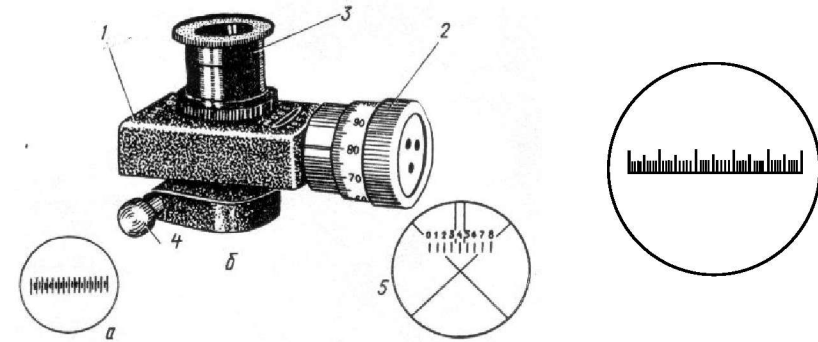


Рис. 9.2. Окулярний мікрометр (а) та об'єктивний мікрометр (б)

Окулярний мікрометр — це кругла скляна пластинка, в центрі якої вигравіювана лінійка довжиною 5 мм. Лінійка розділена на 50 частин. Окулярний мікрометр вставляють в окуляр.

Об'єктивний мікрометр — це металева пластинка з отвором у центрі. В отвір вставлене скло, на якому нанесено лінійку довжиною 1 мм. Вона розділена на 100 частин, тобто поділка об'єктивного мікрометра відповідає 0,01 мм, або 10 мкм. Для визначення ціни поділки окулярного мікрометра об'єктивний мікрометр розміщують на столик мікроскопа і фокусують при малому збільшенні. Зображення лінійки розміщують у центр поля зору і тільки після цього міняють об'єктив на той, при якому будуть визначатися розміри порошинок. Переміщуючи столик мікроскопа і повертаючи окуляр, встановлюють мікрометри так, щоб їхні шкали були паралельними й одна перекривала іншу. Ціну поділки окулярного мікрометра визначають за принципом ноніуса, тобто сполучають одну з поділок шкали окулярного та об'єктивного мікрометрів і знаходять наступне їх сполучення. Визначивши, скільком поділкам об'єктивного мікрометра відповідає одна поділка окулярного мікрометра, вимірюють розміри 100 пилинок. Відзначають також характерну форму пилинок і роблять їх замальовку.

На завершення визначають ступінь запиленості, а також дисперсний склад пилу, щоб зробити висновок про його шкідливість.

9.2.2. Прилади та обладнання, що використовуються

Лабораторна установка для визначення запиленості повітря складається з пилової камери, дозатора пилу, алонжа з фільтром та аспірація (рис. 9.3).

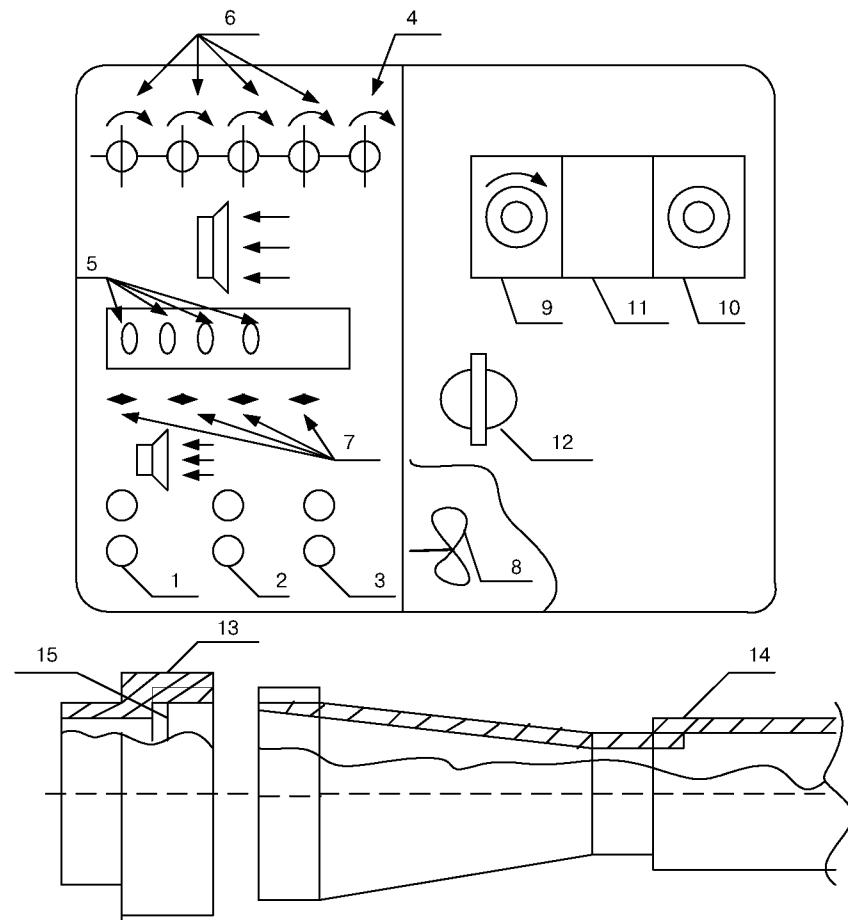


Рис. 9.3. Схема установки для визначення запиленості повітря ваговим методом:
 1 — тумблер вмикання установки; 2 — тумблер вмикання аспіратора; 3 — тумблер вмикання вентилятора; 4 — запобіжний клапан; 5 — реометри; 6 — ручки регулюючих вентилів повітря (швидкість відбору проб); 7 — штуцери; 8 — вентилятор;
 9 — дозатор; 10 — заглушка отвору для приєднання алонжа; 11 — вікно спостереження; 12 — ручка; 13 — алонж із фільтром; 14 — гумова трубка; 15 — фільтр

У пиловій камері штучно утворюється пилоповітряна суміш, яка імітує запилене виробниче середовище. Для цього з дозатора пил подається у верхню частину камери і вентилятором, розташованим у нижній частині камери, рівномірно розподіляється по всьому об'єму. Дозатор дає змогу змінювати рівень запиленості в камері в широких межах. На лицьовій панелі камери є отвір для установки алонжа з фільтром АФА.

Алонж (фільтротримач) призначений для закріплення фільтра при відборі проб і є воронкою, в широкій частині якої закріплюється фільтр за допомогою кільця, що його притискує.

Фільтр АФА — це шар рівномірно укладених ультратонких волокон із полімерів з обпресованими краями та захисних кілець із виступами. Алонж за допомогою шланга з'єднаний з аспіратором, призначеним для протягування повітря через фільтр. Аспіратор обладнаний чотирма ротаметрами, які дають змогу контролювати витрати повітря крізь фільтр у межах від 1 до 25 л/хв. Для регулювання витрати повітря на передній панелі аспіраційної установки розташовані вентилялі.

Зважують фільтр на аналітичних терезах з точністю до 0,1 мг. Крім того, необхідно мати термометр і барометр.

При визначенні запиленості повітря лічильним методом використовують мікроскоп МБИ-1 і прилад СП-2. Мікроскоп МБИ-1 дає змогу вивчати пиловий препарат при різних збільшеннях і має окуляр-мікрометр. Лічильник пилу СП-2 складається з касети, циліндра і механізму для засмоктування повітря. Касета служить для осаджування пилу на предметне скло. За допомогою механізму просмоктування запилене повітря протягується через щілину в касеті, залишаючи пилову доріжку на предметному склі, яке заздалегідь змащують ялицевим бальзамом у ксилолі.

9.3. Порядок виконання роботи

1. Ознайомитися із загальними відомостями про виробничий пил, джерела та фактори, що визначають ступінь його шкідливості, з методами оцінки запиленості повітря (див. пп. 9.2—9.3).

2. Перевірити ступінь своєї готовності до виконання роботи, відповівши на контрольні запитання, наведені у п. 9.5 (можливе обговорювання під керівництвом викладача).

3. Ознайомитися з улаштуванням лабораторної установки (п. 9.2.2).

4. Дослідити запиленість повітря ваговим методом.

1) Від'єднати аспіратор від пилової камери, для чого зняти гумову трубку зі штуцера.

2) Тумблером 1 (див. рис. 9.3) увімкнути аспіратор.

3) Тумблером 2 увімкнути реометри і обертанням ручки лівого крайнього вентиля проти годинникової стрілки встановити необхідну швидкість протяжки повітря (20 м/с).

4) Зважити фільтр на аналітичних терезах з точністю до 1 мг і вкласти його в алонж, закріпивши кільцем, що притискує.

5) Зняти заглушку 10 та вставити в пилову камеру алонж із фільтром.

6) Гумову трубку, що йде від алонжа, приєднати до крайнього лівого штуцера аспіратора.

7) Тумблером 3 увімкнути вентилятор й утворити в камері імітацію запиленого виробничого середовища.

8) Увімкнути аспіратор і протягом 3—4 хвилин протягувати запилене повітря через фільтр. Швидкість протягування повітря відраховувати по шкалі реометра.

9) Вимкнути аспіратор і вентилятор камери, від'єднати алонж від камери, гумову трубку від штуцера, забірний отвір заглушити.

**Гранично допустимі концентрації деяких аерозолів
(переважно фіброгенної дії) [1]**

Речовина	ГДК, мг/м ³
Алюміній і його сплави	2
Барит	6
Вольфрам	6
Доломіт	6
Залізний і нікелевий агломерати	4
Зерновий пил	4
Зола горючих сланців	4
Вапняк	6
Кремнію карбід	6
Кремнієвмісний пил: а) кремнію двоокис кристалічний при вмісті його 70% б) кремнію двоокис аморфний при вмісті його від 10% до 70%	1 2
Магнезит	10
Мідно-нікелева руда	4
Нефелін-концентрат	6
Пил рослинного і тваринного походження (борошняний, бавовняний, деревний)	6
Сажа промислова	2
Азбоцемент	6
Скловолокно	6
Цемент, апатит, глина	2
Чавун	6
Електрокорунд	6

Таблиця 9.5

Орієнтовна схема оцінки запиленості повітря за кількістю часток

Характеристика запиленості	Кількість пилових часток в 1 см ³ повітря
Цілковито чисте повітря	Від 10 до 100
Запиленість порівняно чистого повітря в кімнаті і лабораторії	Від 100 до 500
Найбільша запиленість, допустима для підприємства (при нетоксичному пилові)	Від 500 до 1000
Середня запиленість	Від 1000 до 5000
Велика запиленість	Від 5000 до 20000

9.4. Звіт

1. Мета роботи.
2. Схема установки для визначення запиленості повітря.
3. Таблиці з результатами вимірів.
4. Аналіз результатів.
5. Висновки.

10) Пінцетом витягти фільтр з алонжа, скласти його осадом усередину і зважити на аналітичних терезах.

11) За відповідними приладами зняти показання барометричного тиску і температури в місці відбору проби.

12) Визначити об'єм протягнутого через фільтр повітря і привести його до нормальних умов.

13) Зробити розрахунок масової концентрації пилу, результати вимірів і розрахунків внести в табл. 9.1.

14) Порівняти результат дослідження з гранично допустимою концентрацією досліджуваного пилу (по [1], дод. П1.4.1).

15) Результати дослідження (вимірювань і розрахунків) занотувати у вигляді табл. 9.1.

5. Дослідити запиленість повітря лічильним методом.

1) Для лічильного визначення кількості пилу під час роботи вентилятора камери й аспіратора зробити забір запиленого повітря за допомогою СП-2.

2) Зробити обробку відібраної проби під мікроскопом, результати занести в табл. 9.2 і 9.3.

3) Оцінити запиленість повітря за кількістю часток пилу в одиниці об'єму за схемою, наведеною у табл. 9.5.

4) Результати дослідження оформити у вигляді табл. 9.2 та 9.3.

5) Проаналізувати результати та зробити висновки.

Таблиця 9.1

Результати дослідження запиленості повітря ваговим методом

Місце відбору проби	Температура повітря в приміщенні, °С	Тиск, мм рт.ст.	Маса фільтра після відбору проби, мг	Вага затриманого пилу, мг	Об'єм протягнутого повітря, приведений до нормальних умов, м ³	Концентрація пилу в повітрі, мг/м ³	ГДК, мг/м ³ (табл. 9.4)

Таблиця 9.2

Результати дослідження запиленості повітря лічильним методом

Кількість порошків у п'яти різних смужках	Середня кількість порошків із п'яти підрахунків	Об'єм протягнутого повітря, см ³	Можлива кількість смужок у пиловій дорожці	Шукана кількість порошків в 1 см ³	Оцінка запиленості повітря (табл. 9.5)

Таблиця 9.3

Результати визначення дисперсності пилу і форми порошків

Показники	Мікроскопічна			Видима понад 10	Характерна форма	Висновок про небезпеку пилу
	до 2	2—5	6—10			
Кількість порошків						
Відсотковий вміст						

Контрольні запитання і завдання

1. Охарактеризуйте дію токсичного пилу на організм людини.
2. Опишіть механізм фіброгенної дії пилу.
3. Які фізико-хімічні властивості пилу визначають його шкідливу дію на організм людини?
4. Які методи використовуються для дослідження запиленості повітря?
5. Назвіть гранично допустимі концентрації запиленості повітря.
6. Розкрийте сутність і позитивні якості масового методу дослідження.
7. Розкрийте сутність і позитивні якості лічильного методу дослідження.
8. Які індивідуальні засоби захисту використовуються під час роботи в умовах підвищеної запиленості виробничих приміщень?

Джерела інформації

1. ГОСТ 12.4.005-88. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны. Введен 01.07.89.
2. Долин П.А. Справочник по технике безопасности. 6-е изд., перераб. и доп. — М.: Энергоатомиздат, 1985. — 824 с.
3. Измерение концентраций аэрозолей преимущественно фиброгенного действия: Метод. указания №4436—87 / Минздрав СССР. — М., 1987.
4. Обоснование ПДК аэрозолей в рабочей зоне: Метод. рекомендации №2673—83 / Минздрав СССР. — М., 1983.

Лабораторна робота 10

ДОСЛІДЖЕННЯ ВЕНТИЛЯЦІЙНОЇ УСТАНОВКИ

Мета роботи — освоєння методики дослідження ефективності вентиляційної установки, що включає аеродинамічний розрахунок мережі, перевірку відповідності вентилятора параметрам мережі й експериментальне визначення параметрів установки.

10.1. Загальні відомості

Вентиляція — це організований повітрообмін у виробничому приміщенні, що полягає у видаленні з приміщення забрудненого повітря і подачі в нього свіжого. Залежно від способу переміщення повітря вентиляція може бути природною (переміщення повітря здійснюється під впливом природних факторів — гравітації і вітрового спонукання) чи механічною (з використанням вентиляторів). Залежно від напрямку руху потоку повітря вентиляція може бути припливною, витяжною або припливно-витяжною. За характером охоплення приміщення розрізняють місцеву і загальнообмінну вентиляцію.

Дослідження вентиляційних установок у виробничих приміщеннях проводять при незадовільних санітарно-гігієнічних умовах у цих приміщеннях (загазованість, запиленість, підвищена температура повітря тощо).

Такі дослідження включають:

- розрахунок кількості подаваного в приміщення повітря $L_{рм}$, м³/год (витрата повітря в мережі);
- аеродинамічний розрахунок (визначення втрат тиску в мережі) $P_{рм}$, Па;
- оцінку відповідності лабораторного вентилятора розрахунковим параметрам мережі $L_{рм}$ і $P_{рм}$;
- експериментальне визначення параметрів вентиляційної установки — кількості повітря, переміщеного вентилятором $L_{фв}$, м³/год (фактична продуктивність), і повного тиску $P_{фв}$, Па, що розвивається вентилятором;
- аналіз розрахункових та експериментальних даних.

10.1.1. Лабораторне обладнання і вимірювальні прилади

Схему лабораторної установки наведено на рис. 10.1.

Установка — це фрагмент цехової загальнообмінної вентиляції (припливна частина) і складається з вентилятора і мережі повітроводів.

Збуджувачем руху повітря в установці є відцентровий вентилятор типу Ц13-50 №2. До вентилятора через гнучку вставку приєднана си-

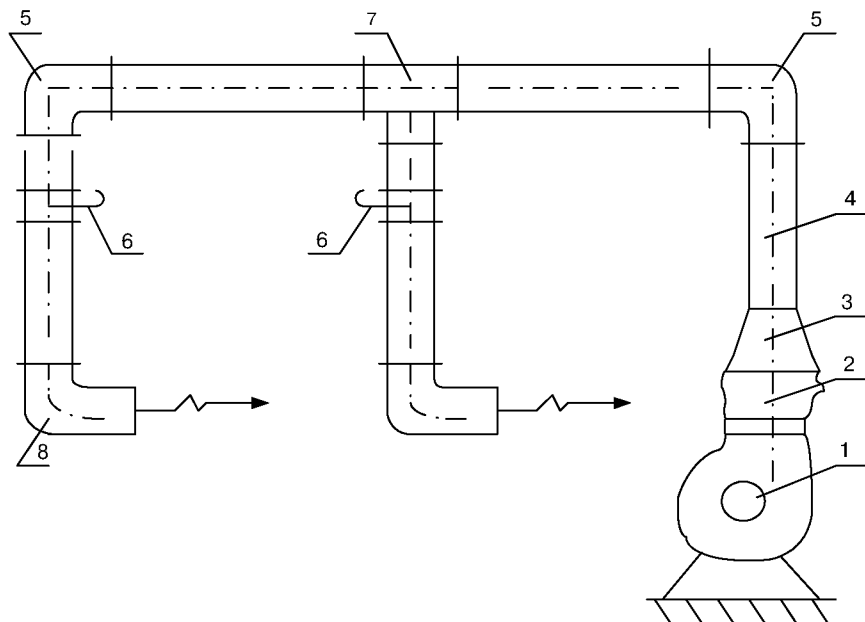


Рис. 10.1. Схема лабораторної установки:

1 — вентилятор відцентровий; 2 — гнучка вставка; 3 — конфузор; 4 — повітровід; 5 — коліно; 6 — шибер; 7 — трійник; 8 — насадка припливна

Схема повітроводів прямокутного перерізу з двома насадками у вигляді прямокутних відводів, що здійснюють подачу повітря в приміщення. Тиск, що розвивається вентилятором, витрачається на подолання гідравлічних опорів у повітроводі.

Втрати тиску в мережі $P_{рм}$ визначають за допомогою вимірювальних приладів — тягонапоміра чи мікроманометра в комплекті з пневмометричною трубкою.

Пневмометрична трубка (рис. 10.2) складається з двох спаяних по довжині трубок. Одна з них з отвором посередині призначена для вимірювання повних тисків (на рис. 10.2 — трубка 2), інша, що має глухий кінець і бічні отвори, діаметром 0,5–0,8 мм, — для вимірювання статичних тисків (на рис. 10.2 — трубка 3) (1 — повітровід).

Загальний вигляд тягонапоміра (похилого одноколінного манометра) типу ТНЖ наведено на рис. 10.3.

Для правильності відліку тиску тягонапоміром прилад (рис. 10.3) має бути встановлений горизонтально за рівнем 5 за допомогою гвинта 6. При цьому меніск рідини (спирту) має бути на рівні позначки «0». Якщо рівень рідини розташований нижче цієї позначки, потрібно додати спирту, якщо вище — то цей рівень прийняти за точку відліку.

Опис мікроманометра й інструкція з його експлуатації є на робочому місці.

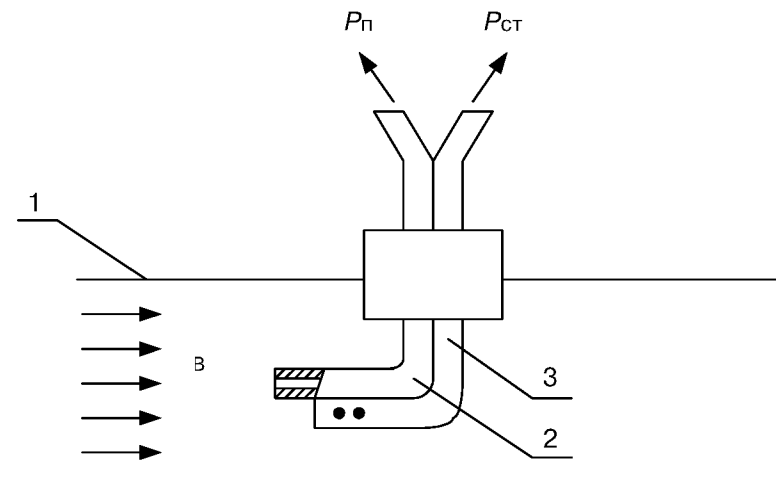


Рис. 10.2. Схема пневмометричної трубки

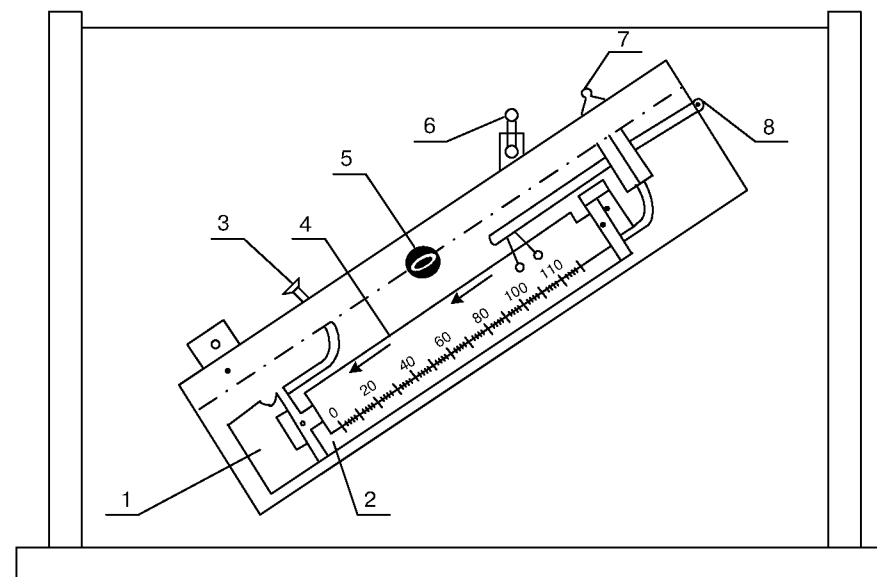


Рис. 10.3. Схема тягонапоміра ТНЖ:

1 — скляна посудина; 2 — вимірювальна трубка; 3 — штуцер повного тиску; 4 — рухлива вимірювальна шкала; 5 — рівень; 6 — регулювальний гвинт нахилу приладу; 7 — штуцер підведення статичного тиску; 8 — гвинт переміщення шкали

10.2. Порядок виконання роботи

10.2.1. Розрахунок кількості подаваного повітря $L_{\text{рм}}$

Кількість подаваного в приміщення повітря $L_{\text{рм}}$ визначити за однією з наближених формул (Д. 10.1) — (Д. 10.4), отриманих за умови розведення шкідливих речовин і тепла в повітрі робочої зони до гранично допустимих концентрацій і температур (Д. 10А). Початкові дані прийняти відповідно до одного з варіантів завдання, наведених у додатку 10В (за вказівкою викладача).

10.2.2. Аеродинамічний розрахунок повітроводів

1. Накреслити розрахункову схему повітроводів досліджуваної вентиляційної установки (рис. 10.4).

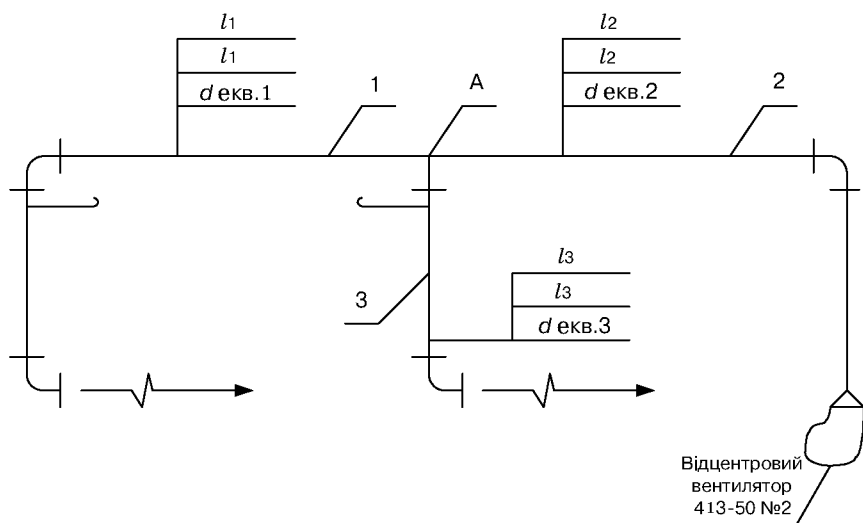


Рис. 10.4. Схема повітроводів лабораторної установки

2. Виділити контрастним кольором розрахункову магістраль. У лабораторній установці розрахунковою магістраллю є частина мережі від найбільш вилученої припливної насадки до вентилятора (без відгалуження).

3. Проставити в кружечках на розрахунковій схемі номери ділянок. Далі на виносних лініях проставити витрати повітря на ділянках L_i , м³/год, довжини ділянок l_i , м, діаметри повітроводів d_i , м (еквівалентні діаметри для повітроводів прямокутного перерізу $d_{\text{екв.}i}$), з урахуванням таких рекомендацій:

- ділянки мають характеризуватися сталістю витрати повітря L_i (м³/год) і поперечного перерізу F_i (м²). До ділянок належать і фасонні частини, що примикають до них: місцеві опори (трійники, відводи, дифузори тощо);

- нумерацію ділянок варто починати з найбільш віддаленої від вентилятора ділянки мережі;

- загальну витрату повітря $L_{\text{рм}} = L_2$, визначену в п. 10.2.1, прийняти рівномірно розподіленою між двома припливними патрубками на ділянках 1 і 3 ($L_1 = L_3 = L_{\text{рм}} / 2$);

- довжини ділянок l_i і розміри поперечних перерізів повітроводів (довжина a_i , ширина b_i) визначити шляхом натурних вимірювань;

- еквівалентні діаметри повітроводів на ділянках $d_{\text{екв.}i}$ обчислити за формулою

$$d_{\text{екв.}i} = \frac{2a_i b_i}{a_i + b_i}.$$

4. Знайти сумарні втрати тиску в мережі (опір мережі) $P_{\text{рм}}$, Па:

$$P_{\text{рм}} = \sum_{i=1}^n (R_{\text{тр.}i} l_i + Z_{\text{м.оп.}i}), \quad (10.1)$$

де n — кількість ділянок мережі; $R_{\text{тр.}i}$ — втрати тиску на тертя на 1 м довжини i -ї ділянки, Па/м; $Z_{\text{м.оп.}i}$ — втрати тиску на місцеві опори на i -й ділянці, Па.

5. Розрахунок за формулою (10.1) оформити у вигляді табл. 10.1. Номери ділянок, витрату повітря і розміри повітроводів на ділянках, проставлені на рис. 10.2, занести в гр. 1—6 табл. 10.1.

6. Визначити втрати тиску на тертя на кожній ділянці:

$$R_{\text{тр.}i} \cdot l_i = \frac{\lambda}{d_{\text{екв.}i}} \cdot \frac{\rho v_i^2}{2} l_i, \quad (10.2)$$

де $\lambda / d_{\text{екв.}i}$ — приведений коефіцієнт опору тертя, м⁻¹; $\rho v_i^2 / 2$ — динамічний тиск R_d , Па.

7. Визначити динамічний тиск R_d за додатком 10Б, а швидкість руху повітря у повітроводі v м/с — за рівнянням витрати:

$$v_i = \frac{L_i}{3600 F_i} \quad (10.3)$$

і заповнити гр. 7—11 табл. 10.1.

8. Визначити втрати тиску на місцеві опори на кожній ділянці мережі:

$$Z_{\text{м.оп}} = \sum_{j=1}^k \xi_j \frac{\rho v_i^2}{2}, \quad (10.4)$$

де k — кількість місцевих опорів на кожній ділянці; $\sum_{j=1}^k \xi_j$ — сума коефіцієнтів місцевих опорів на кожній ділянці.

9. Значення коефіцієнтів місцевих опорів ξ_j , які наведені в додатку

10Г, записати в нижній частині табл. 10.1, а їхню суму $\sum_{j=1}^k \xi_j$ — у гр. 12.

Місцеві опори на межі ділянок, наприклад трійники, слід віднести до ділянок із більшою витратою повітря.

10. Обчислити значення $Z_{m,op}$ перемножуванням результатів гр. 8 і 12 та заповнити гр. 13 табл. 10.1.

Визначити сумарні втрати тиску на кожній ділянці шляхом додавання результатів гр. 11 і 13 та заповнити гр. 14 у табл. 10.1.

Записати (наростаючим підсумком) у гр. 15 втрати тиску на ділянках від початку магістралі.

10.2.3. Розрахунок відгалуження (виконується за вказівкою викладача)

Виконати розрахунок відгалуження (ділянка 3 на рис. 10.4) за формулою (10.1) у порядку, викладеному в п. 10.2.2. Дані розрахунку внести в табл. 10.1 (рядок 3).

Варто врахувати, що для уникнення небажаного руху повітряного потоку переважно по шляху найменшого опору (ділянки 2 і 3 на рис. 10.4) втрати тиску у відгалуженні $P_{відг}$ мають дорівнювати розрахунковому тиску в повітроводі в місці приєднання його до магістралі (точка А на рис. 10.4). Виходячи з цієї умови для досліджуваної вентиляційної мережі втрати тиску на ділянці 1 мають дорівнювати втратам тиску на ділянці 3. Якщо різниця тисків на ділянках 1 і 3 виявиться більшою 10%, необхідно вжити заходів для вирівнювання тисків (змінити площу перерізу відгалуження, встановити діафрагму, шиберну заслінку тощо).

10.2.4. Перевірка відповідності лабораторного вентилятора розрахунковим параметрам мережі L_{pm} і P_{pm}

Накреслити в масштабі характеристику лабораторного вентилятора (додаток 10Д, жирна лінія), що є графічно вираженою залежністю між основними параметрами вентилятора (продуктивність L_v (м³/год), тиск, що розвивається, P_v (Па) і коефіцієнт корисної дії η) при незмінній швидкості обертання робочого колеса ω (рад/с).

На цей графік нанести точку, що характеризує розрахункові втрати повітря в мережі L_{pm} та її опір P_{pm} . Зробити висновок про відповідність вентилятора розрахунковим параметрам мережі, керуючись такими міркуваннями.

Якщо точка a на рис. 10.5 збігається з характеристикою вентилятора і лежить в зоні економічних значень η (у межах 0,9 η_{max}), отже, вентилятор підібраний правильно.

Якщо режим роботи вентилятора виявляється в зоні низьких значень η (точки a_1 , і a_2 на рис. 10.5), то слід зробити висновок про необхідність заміни встановленого вентилятора на вентилятор того ж типу іншого розміру (номера). Відхилення значення розрахункового опору мережі P_{pm} від характеристики вентилятора за каталогом допускається в межах $\pm 10\%$.

Якщо виявиться, що точка з координатами L_{pm} і P_{pm} лежить вище або нижче характеристики досліджуваного вентилятора в межах

Таблиця 10.1

Розрахункова таблиця магістралі та відгалуження		Ділянка № 2		Ділянка № 3	
1	Номер ділянки N	1	10	1	15
2	Витрати повітря L_v , м ³ /год	2	7	2	13
3	Довжина ділянки l_j , м	3	6	3	14
4	Довжина a , м Ширина b , м	4	5	4	12
5	Площа поперечного перерізу $F_j = ab$, м ²	5	4	5	11
6	Еквівалентний діаметр $d_{екв} = 2ab / (a + b)$, м	6	3	6	10
7	Швидкість повітря $v_j = L_v / 3600F_j$, м/о	7	2	7	9
8	Динамічний тиск $P_d = \rho v_j^2 / 2$, Па	8	1	8	8
9	Приведений коефіцієнт тертя $\lambda / d_{екв,j}$, м	9	1	9	7
10	На 1 м довжини $R_{тр,j} = \lambda / d_{екв,j} \cdot \rho v_j^2 / 2$	10	1	10	6
11	На ділянці $R_{тр,j} l_j$	11	1	11	5
12	Сума коефіцієнтів місцевих опорів $\sum \xi_j$	12	1	12	4
13	Втрати тиску на місцеві опори на ділянці $Z_{m,j} = \sum \xi_j \rho v_j^2 / 2$, Па	13	1	13	3
14	Сумарні втрати тиску на ділянці $R_{тр,j} l_j + Z_{m,j}$, Па	14	1	14	2
15	Сумарні втрати тиску на ділянці від початку магістралі $P_{pm} = \sum (R_{тр,j} l_j + Z_{m,j})$, Па	15	1	15	1

Коефіцієнти місцевих опорів

Ділянка № 1
Припливна насаддка $\xi_1 =$
Шибер $\xi_2 =$
Коліно $\xi_3 =$

Ділянка № 2
Трійник на прохід $\xi_1 =$
Коліно $\xi_2 =$
Конфузор із гнучкою вставкою $\xi_3 =$

Ділянка № 3
Трійник на відгалуження $\xi_1 =$
Шибер $\xi_2 =$
Припливна насаддка $\xi_3 =$

$$\sum_{j=1}^k \xi_j =$$

більш ніж $\pm 10\%$ (точки b_1 і b_2 на рис. 10.5), то з цього випливає, що характеристика встановленого вентилятора при швидкості обертання робочого колеса ω не відповідає розрахунковим параметрам мережі. У цьому випадку, як правило, видаються рекомендації для зміни швидкості обертання робочого колеса для переходу на необхідну характеристику вентилятора (ω_1 чи ω_2).

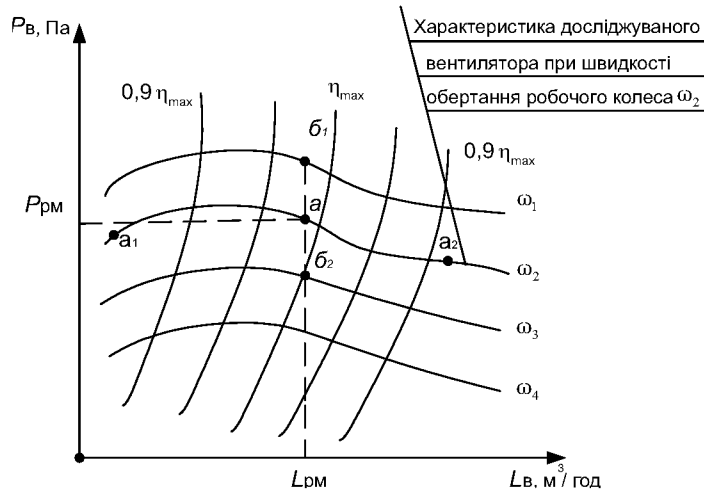


Рис. 10.5. Номограма характеристик вентилятора

Швидкість обертання робочого колеса можна збільшити за умови дотримання достатньої потужності вентилятора і безшумності його роботи.

10.2.5. Експериментальне визначення параметрів вентиляційної установки $L_{фв}$ і $P_{фв}$

Кількість повітря, переміщувану вентилятором, $L_{фв}$ (м³/год), визначають за значенням швидкості повітряного потоку $v_{ф}$ (м/с), обчисленої на підставі заміряного значення динамічного (швидкісного) тиску P (Па):

$$L_{фв} = 3600 \cdot v_{ф} F. \quad (10.5)$$

Швидкість повітря

$$v_{ф} = \sqrt{\frac{2P_d}{\rho}} \quad (10.6)$$

Динамічний тиск P_d , що діє в напрямку руху повітря, зумовлює створення швидкості його руху. Цей тиск характеризує кінетичну енергію повітряного потоку.

Крім динамічного тиску, в потоці, який рухається, діє статичний тиск $P_{ст}$ нормально до стінок, що обмежують потік повітря. Він характеризує потенційну енергію потоку.

Повний тиск P_n , що є алгебраїчною сумою динамічного і статичного тисків:

$$P_n = P_d + P_{ст},$$

характеризує повний запас енергії повітряного потоку. Такий тиск повітря створюється за допомогою вентилятора.

У лабораторній роботі усі види тисків вимірюються пневмометричною трубкою в комплекті з вимірювальними приладами — тягонапороміром чи мікроманометром (п. 10.1.1).

Для визначення параметрів вентиляційної установки потрібно:

1. Вивчити влаштування і принцип дії пневмометричної трубки.
2. Увести пневмометричну трубку в отвір повітроводу (на ділянці після вентилятора) центральним отвором назустріч повітряному потоку. Вісь загнутого кінця трубки має бути паралельна потоку повітря і збігатися з віссю симетрії повітроводу.
3. Приєднати кінець трубки з наскрізним отвором до лівого штуцера тягонапороміра (штуцер «в» при використанні мікроманометра), увімкнути вентилятор і виміряти значення повного тиску в повітроводі $P_{фв}$.
4. Приєднати кінець запаяної трубки до лівого штуцера тягонапороміра (штуцер «в» при використанні мікроманометра) і виміряти значення статичного тиску $P_{ст}$.
5. Приєднати трубку повного тиску до лівого штуцера (штуцер «в»), а трубку статичного тиску — до правого штуцера (штуцер «б») і виміряти значення динамічного тиску P_d .
6. Вимірювання виконати по три рази і знайти середні значення тисків $P_{фв}$, $P_{ст}$ і P_d .
7. Обчислити швидкість руху повітря $v_{ф}$ у повітроводі за формулою (10.6). Густина повітря прийняти для стандартних умов ($t = 20 \text{ }^\circ\text{C}$, $\varphi = 50 \%$, $P_6 = 760 \text{ мм рт. ст.}$), $\rho = 1,2 \text{ кг/м}^3$.
8. Визначити продуктивність вентиляційної установки $L_{фв}$ за формулою (10.5).
9. Результати вимірювань і розрахунків внести у звіт у табл. 10.2.

Таблиця 10.2

Результати вимірювань і розрахунків параметрів вентиляційної установки

Номер досліджу	P_n , Па	$P_{ст}$, Па	P_d , Па	$v_{фв}$, м/с	F , м²	$L_{фв}$, м³/год

10.2.6. Аналіз розрахункових і експериментальних даних

Аналіз розрахункових та експериментальних даних виконують із метою встановлення відповідності фактичного режиму роботи вентилятора розрахунковим параметрам. Для цього на характеристиці лабораторного вентилятора контрастним кольором позначають точку, зумовлену фактичними продуктивністю $L_{фв}$ і повним тиском $P_{фв}$.

Якщо ця точка збігається з координатами, що відповідають розрахунковим параметрам мережі $L_{рм}$ і $P_{рм}$ (точка a на рис. 10.6), то роблять висновок про відповідність фактичного режиму роботи вентилятора розрахунковим даним.

Якщо фактична продуктивність $L_{рм}$ не збігається з розрахунковою, то це означає, що або фактичний опір мережі $P_{фм}$ не відповідає розрахунковому $P_{рм}$ (точка b_1 на рис. 10.6), або робота вентилятора не відповідає даним за каталогом (точка b_2). Основними причинами такої невідповідності можуть бути: у першому випадку — нещільності в повітроводах, великий прогин у м'якій вставці при виході з вентилятора, засміченість повітроводів тощо, у другому випадку — дефекти вентилятора, обертання колеса у зворотному напрямку та ін.

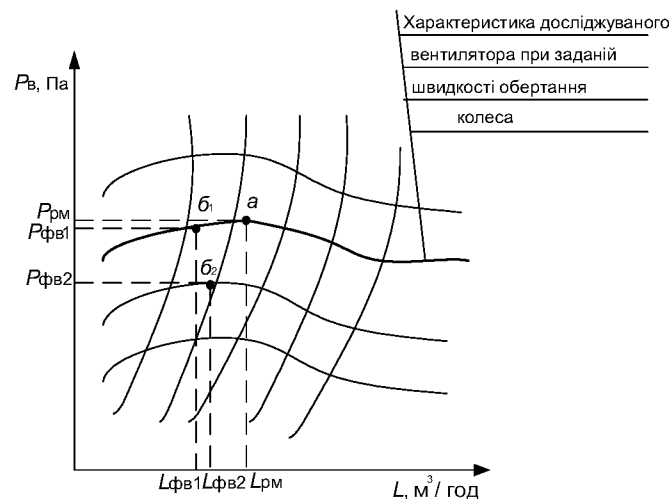


Рис. 10.6. Графік режиму роботи вентилятора в мережі

10.3. Звіт

1. Мета роботи.
2. Схема вентиляційної установки з нанесеними на ній номерами ділянок і параметрами.
3. Результати розрахунків і вимірів (за табл. 10.1 і 10.2), а також характеристика вентилятора (за додатком 10Д із нанесеними на номограму точками (рис. 10.5)).
4. Висновки.

Контрольні запитання і завдання

1. Назвіть призначення і види вентиляції виробничих приміщень.
2. Який принцип розрахунку кількості повітря, що подається у виробниче приміщення?
3. Наведіть формулу розрахунку загальних втрат тиску в повітроводах.
4. Назвіть умову розрахунку відгалужень.
5. Які прилади застосовують для вимірювання тиску у повітроводах?
6. Як визначають відповідність вентилятора розрахунковим параметрам мережі?
7. Як можна визначити відповідність фактичного режиму роботи вентилятора розрахунковим параметрам мережі?

**Формули для визначення кількості повітря $L_{\text{рм}}$, м³/год,
що подається у виробничі приміщення**

При розрахунку за надлишками тепла:

$$L_{\text{рм}} = \frac{Q_{\text{н}}}{C_{\text{p}}\rho(t_{\text{в}} - t_{\text{п}})}; \quad (\text{Д.10.1})$$

при розрахунку за надлишками вологи:

$$L_{\text{рм}} = \frac{W}{\rho(d_{\text{в}} - d_{\text{п}})}; \quad (\text{Д.10.2})$$

при розрахунку за кількістю шкідливих речовин:

$$L_{\text{рм}} = \frac{Z}{\text{ГДК} - Z_{\text{п}}}; \quad (\text{Д.10.3})$$

за відсутності шкідливих виділень (аудиторії, робочі кімнати, навчальні класи та ін.):

$$L_{\text{рм}} = L' \cdot n, \quad (\text{Д.10.4})$$

тут $Q_{\text{н}}$ — надлишки наявного тепла в приміщенні, кДж; $t_{\text{в}}$, $t_{\text{п}}$ — температура повітря, що, відповідно, видаляється з приміщення і подається в нього, К; C_{p} — масова теплоємність повітря при сталому тиску, кДж/кг·К ($C_{\text{p}} = 1$ кДж/кг·К); ρ — густина повітря ($\rho = 1,2$ кг/м³); W — надлишки вологи в приміщенні, г/год; $d_{\text{в}}$, $d_{\text{п}}$ — вологовміст повітря, що, відповідно, видаляється з приміщення і подається в нього, г/кг, який визначають за допомогою $I-d$ діаграми за методикою, що викладена у дод. 10Д; Z — кількість шкідливих речовин у повітрі, що подається в приміщення, мг/год; ГДК — гранично допустима концентрація шкідливих речовин у робочій зоні приміщення, мг/м³ [1]; $Z_{\text{п}}$ — концентрація шкідливих речовин у повітрі, що подається в приміщення, мг/м³; n — кількість працівників у приміщенні; $L' = 20$ м³/г при об'ємі приміщення більше 20 м³ на людину; $L' = 30$ м³/г при об'ємі приміщення менше 20 м³ на людину.

Таблиця для розрахунку повітроводів

v , м/с	$d_{\text{екв}}$, м	0,100	0,125	0,140
	$\rho v^2 / 2$, Па	$\lambda / d_{\text{екв}}$, м ⁻¹	$\lambda / d_{\text{екв}}$, м ⁻¹	$\lambda / d_{\text{екв}}$, м ⁻¹
1	0,6	0,360	0,280	0,230
1,5	1,4	0,325	0,245	0,215
2	2,4	0,305	0,230	0,200
3	5,4	0,285	0,215	0,185
4	9,6	0,270	0,200	0,175
5	15,0	0,260	0,195	0,170
6	21,6	0,250	0,190	0,165
7	29,4	0,245	0,185	0,160
8	38,4	0,240	0,185	0,160
9	48,5	0,235	0,180	0,155
10	60,0	0,235	0,180	0,155
11	72,5	0,230	0,175	0,155
12	86,5	0,230	0,175	0,150
13	101	0,225	0,170	0,150
14	118	0,225	0,170	0,150
15	235	0,225	0,170	0,145
16	153	0,220	0,165	0,145
17	173	0,220	0,165	0,145
18	194	0,220	0,165	0,145
19	216	0,220	0,165	0,140
20	240	0,215	0,165	0,140

У першому горизонтальному рядку таблиці наведені еквівалентні діаметри $d_{\text{екв}}$ (м) повітроводів. У першому стовпчику вказано швидкість повітря v (м/с), у другому — відповідні динамічні тиски $\rho v^2 / 2$ (Па), приведені до стандартного повітря ($\rho = 1,2$ кг/м³), в останніх стовпчиках — приведений коефіцієнт опору тертя $l / d_{\text{екв}}$ (м⁻¹).

Завдання для розрахунку продуктивності вентиляційної установки

Варіант 1

Кількість наявного тепла, що виділяється в приміщенні цеху, $Q_n = 1200$ кДж/год; температура повітря, яке видаляється, $t_b = 30^\circ\text{C}$; температура припливного повітря $t_n = 25^\circ\text{C}$.

Варіант 2

Кількість наявного тепла, що виділяється в приміщенні експериментальної лабораторії, $Q_n = 1800$ кДж/год; температура повітря, яке видаляється, $t_b = 25^\circ\text{C}$; температура припливного повітря $t_n = 20^\circ\text{C}$.

Варіант 3

Кількість вологи, яка надходить у приміщення ділянки випарувальних установок, $W = 2880$ г/год; температура повітря, яке видаляється, $t_b = 25^\circ\text{C}$ при відносній вологості 80%; температура припливного повітря $t_n = 20^\circ\text{C}$ при відносній вологості 60%.

Варіант 4

Кількість вологи, яка надходить у приміщення гальванічної ділянки, $W = 6240$ г/год; температура повітря, яке видаляється, $t_b = 30^\circ\text{C}$ при відносній вологості 85%; температура припливного повітря $t_n = 25^\circ\text{C}$ при відносній вологості 50%.

Варіант 5

Кількість парів аміаку, що надходять у приміщення ЦЗЛ, становить 7500 мг/год, ГДК аміаку дорівнює 20 мг/м³. Вміст аміаку в припливному повітрі $Z_n = 5$ мг/м³.

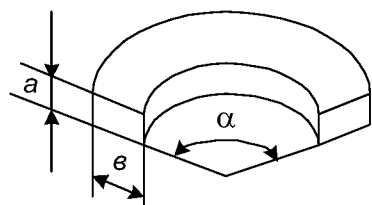
Варіант 6

Кількість парів бензину, що надходять у повітря робочої зони гаража, становить 54 г/год, ГДК бензину дорівнює 100 мг/м³. Концентрація парів бензину в припливному повітрі $Z_n = 10$ мг/м³.

Примітка. Вологовміст d (г/кг) сухого повітря слід визначати за $I-d$ діаграмою за методикою, що викладена у додатку 10Е.

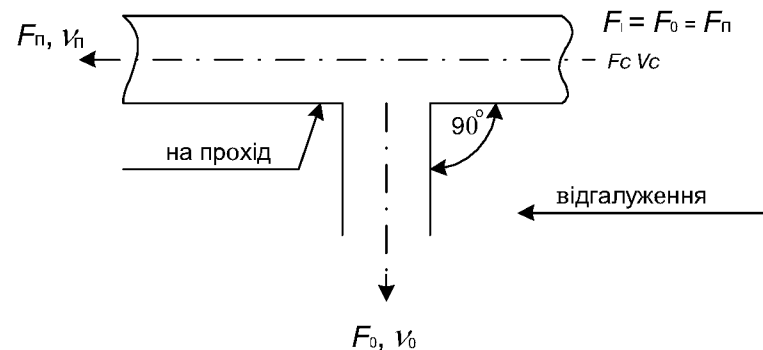
Значення коефіцієнтів місцевих опорів

1. Коліно прямокутного перерізу із закругленими кромками:



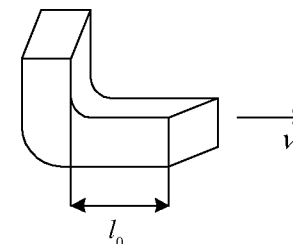
α^0	75	90	110
ξ	0,21	0,23	0,26

2. Трійник прямий припливний прямокутного перерізу:



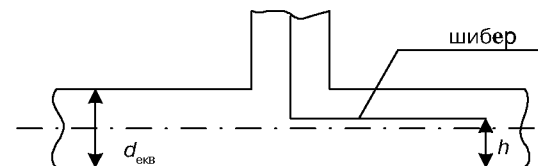
Напрямок потоку	v^0 / v_c	0,4	0,5	0,6	0,8	1	1,2	1,4	1,6
Відгалуження	ξ_0	9,4	6,2	4,2	2,3	1,6	1,2	1	0,8
На прохід	ξ_n	0,4	0	0	0,1	0	0	0	0

3. Конфузор із гнучкою вставкою: $\xi = 1,0$.
Припливна насадка у вигляді коліна $\alpha = 90^0$:



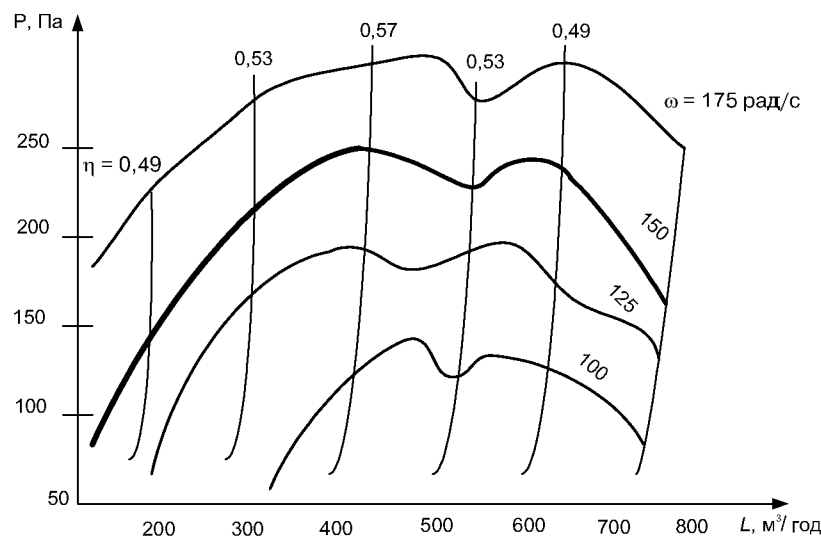
$l_0 / d_{\text{екв}}$	0	1	2	4	6	8
ξ	2,95	3,23	2,72	2,24	2,1	2,05

5. Шибер, який встановлюється у прямокутному повітроводі:



$h / d_{\text{екв}}$	0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1
ξ	∞	143	44,5	17,8	8,12	4,02	2,08	0,95	0,39	0,09	0

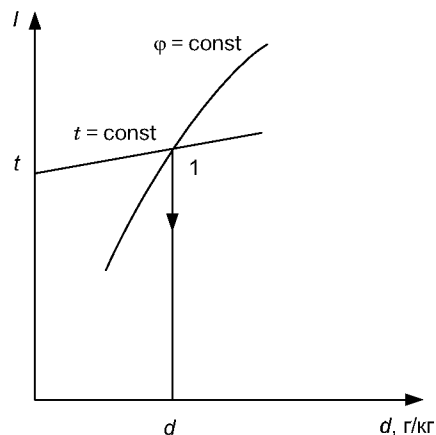
Номограма характеристик лабораторного вентилятора



Додаток 10Е

Визначення вологовмісту за $I-d$ діаграмою

Для визначення вологовмісту d (г/кг) сухого повітря знаходять точку перетину ізотерми, що відповідає заданій температурі повітря, і кривої відносної вологості, що відповідає заданому значенню φ , % (точка 1 рисунка додатка). Шуканий вологовміст знаходять, опускаючи перпендикуляр на вісь абсцис.



ДОСЛІДЖЕННЯ РОБОТИ ДЕФЛЕКТОРА ЦАГІ

Мета роботи — ознайомлення з роботою дефлектора, освоєння методики дослідження ефективності роботи дефлектора ЦАГІ, експериментальне визначення параметрів установки, перевірка відповідності продуктивності дефлектора для приміщення навчальної лабораторії.

11.1. Загальні положення

Однією з необхідних умов здорової та високопродуктивної праці є забезпечення чистоти повітря та нормальних метеорологічних умов у робочій зоні приміщень, тобто простору висотою до двох метрів над рівнем підлоги або площадки, де розташовані робочі місця.

Шкідливі речовини проникають в організм людини головним чином через дихальні шляхи, а також через шкіру та з їжею.

Більшість цих речовин належить до небезпечних та шкідливих виробничих факторів, бо вони мають токсичну дію на організм. Ці речовини добре розчиняються у біологічних середовищах, здатні вступати з ними у взаємодію, викликаючи порушення нормальної життєдіяльності. У результаті їхньої дії у людини виникає хворобливий стан — отруєння, небезпека якого залежить від тривалості впливу, концентрації q (мг/м³) та виду речовини.

Відповідно до ГОСТу 12.1.005-88* та ДСН 3.3.6.042-99 [1; 2] встановлені гранично допустимі концентрації шкідливих речовин q (ГДК, мг/м³) у повітрі робочої зони виробничих приміщень.

Для шкідливих речовин у умовах високих температур, шуму та вібрацій значно збільшується. Наприклад, висока температура повітря викликає розширення судин шкіри, посилюється потовиділення, частішає дихання, що прискорює проникнення шкідливих речовин в організм.

Необхідно мати на увазі, що забруднення повітряного середовища пилом, парами масел, кислот, лугів значним чином впливає і на якість виробів.

Усунення дії цих шкідливих виробничих факторів (газів і парів, пилу, надлишкової теплоти і вологи) й утворення здорового повітряного середовища є важливим народногосподарським завданням, яке має здійснюватися комплексно, водночас із вирішенням питань виробництва.

Необхідного стану повітря робочої зони можна досягти виконанням певних заходів, одним із яких є вентиляція.

Завданням вентиляції є забезпечення чистоти повітря та заданих метеорологічних умов у виробничих приміщеннях. Вентиляція досягається вилученням забрудненого або нагрітого повітря з приміщення та подачею до нього свіжого повітря.

За способом пересування повітря вентиляція буває природною та механічною. Механічна вентиляція розглянута у лабораторній роботі № 10, тому далі ми розглянемо природну вентиляцію.

При природній вентиляції обмін повітря відбувається внаслідок різниці температур повітря у приміщенні та ззовні, а також унаслідок дії вітру.

Різна температура повітря всередині (найбільш висока температура) і ззовні приміщення, а отже, й різниця густин, зумовлює надходження холодного повітря до приміщення та витискання з нього теплого. При дії вітру із завітряного боку споруди створюється знижений тиск, унаслідок чого відбувається витяжка теплого або забрудненого повітря з приміщення; з навітряного боку споруди утворюється надлишковий тиск, і свіже повітря надходить у приміщення замість витисненого.

Природна вентиляція виробничих приміщень може бути *неорганізованою* та *організованою*.

За *неорганізованою* вентиляції надходження та видалення повітря відбувається через нещільності та пори зовнішніх огорож (інфільтрація), через вікна, кватирки, спеціальні отвори (провітрювання).

Організована (піддається регулюванню) природна вентиляція виробничих приміщень здійснюється *аерацією* та *дефлекторами*.

Аерацією називається організований природний обмін повітря, що проводиться у заздалегідь розрахованих об'ємах та регулюється відповідно до зовнішніх метеорологічних умов.

При аерації великі об'єми свіжого повітря поширюються на весь об'єм приміщення при незначному тиску (близько десятка паскалей: $1 \text{ Па} = 0,1 \text{ кгс/м}^2$). Перевага аерації: можливість подачі великих об'ємів повітря (до кількох мільйонів кубічних метрів за годину) без застосування вентиляторів та повітроводів. Система аерації є значно дешевшою, ніж механічні системи вентиляції; вона є потужним засобом для боротьби з надлишками виділення явної теплоти у гарячих цехах. Поряд із перевагами аерація має суттєві недоліки: у літній час ефективність аерації може значно знизитися внаслідок підвищення температури зовнішнього повітря; крім того, припливне повітря вводиться до приміщення без попереднього очищення та підігріву, а видалюване — не очищується від викидів і забруднює зовнішнє повітря, а також не охолоджується.

Для досягнення обміну повітря при аерації будівля цеху обладнується трьома рядами отворів зі стулками (рис. 11.1).

Принцип розташування аераційних отворів полягає ось у чому. Температура повітря всередині цеху внаслідок виділення надлишків явної теплоти є, як правило, вищою за температуру зовнішнього повітря t_3 . Отже, густина зовнішнього повітря ρ_3 більша від густини повітря всередині цеху, що зумовлює наявність різниці тиску зовнішнього та внутрішнього повітря. На певній висоті приміщення, у так званій площині рівних тисків, розташованої приблизно на середині висоти

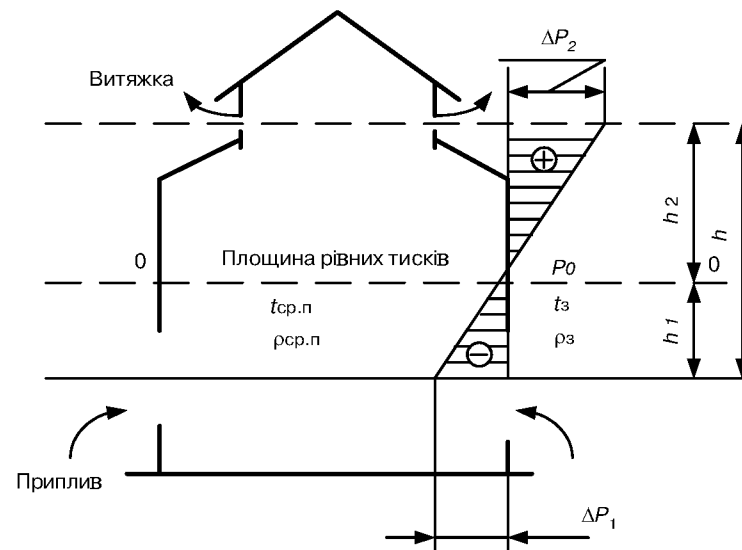


Рис. 11.1. Аерація будівлі цеху

будівлі цеху, ця різниця дорівнює нулю. Нижче рівних тисків існує розрідження (Па), яке зумовлює надходження зовнішнього повітря:

$$\Delta P_1 = h_1 \cdot g(\rho_3 - \rho_{\text{ср.г}}), \quad (11.1)$$

де $\rho_{\text{ср.г}}$ — середня густина повітря у приміщенні, кг/м^3 , відповідає середній температурі повітря у приміщенні $t_{\text{ср.п}}$, яка визначається за формулою $t_{\text{ср.п}} = (t_{\text{р.з}} + t_{\text{вит}}) / 2$, де $t_{\text{р.з}}$ і $t_{\text{вит}}$ — температури повітря у робочій зоні та повітря, що видаляється з приміщення; h_1 — відстань від середини нижніх отворів до площини рівних тисків (м).

Вище площини рівних тисків існує надлишковий тиск (Па), який на рівні центра верхніх отворів становить:

$$\Delta P_2 = h_2 \cdot g(\rho_3 - \rho_{\text{ср.г}}), \quad (11.2)$$

де h_2 — відстань від площини рівних тисків до центра верхніх отворів (м).

Надлишковий тиск, спрямований назовні з цеху, викликає витяжку повітря.

Загальне значення гравітаційного тиску (Па), під дією якого виникає обмін повітря у приміщенні, дорівнює сумі тисків на рівні нижніх та верхніх отворів:

$$P_r = \Delta P_1 + \Delta P_2 = h \cdot g(\rho_3 - \rho_{\text{ср.г}}). \quad (11.3)$$

Тепловий напір та, відповідно, об'єм переміщуваного повітря зростають зі збільшенням різниці температури повітря зовні та всередині приміщення і відстані між місцями припливу та витяжки.

Оскільки влітку ця різниця температур, а отже, й тепловий напір, є меншим, ніж узимку, для підтримки необхідного обміну повітря у літній період площа отворів має бути збільшена.

Улітку треба відчиняти нижній ряд вікон, починаючи з висоти 1 м від підлоги.

Узимку різниця температур повітря збільшується, обмін повітря потрібен менший, тому необхідно зменшувати площу припливних і витяжних отворів та відстань по висоті між ними. Для припливу повітря взимку роблять припливні отвори на висоті 5—6 м від підлоги так, щоб холодне повітря ззовні не потрапляло у зону робочих місць.

Вплив повітря може послабити чи посилити аерацію, яка створюється завдяки тепловому тиску. Відкриття отворів (фрамуг) на підвітряному боці аераційного ліхтаря призводить до задування повітря крізь ліхтар і відкидання у робочу зону забрудненого повітря, що рухається вгору. Проте якщо виключити задування аераційних ліхтарів і, навпаки, забезпечити з них витяжку повітря, створивши негативний тиск, то вітровий напір може посилити дію теплового напору.

Щоб відмовитися від регулювання дії ліхтарів при частих перемінах напрямку та сили вітру й аби уникнути трудомісткої і небезпечної роботи з підтримки у порядку фрамуг і приладів для керування ними, використовують спеціальні конструкції ліхтарів, які не задуваються вітром. Усунення задування у них досягається або формою ліхтаря, або влаштуванням спеціальних вітрозахисних щитів, які заслоняють витяжні отвори від тиску лобового вітру. У результаті зриву струменя вітру з навітряного боку вітрозахисного щита утворюється розрядження і ліхтар працює на витяг при будь-якому напрямку вітру.

Щоб використовувати кінетичну енергію вітру для підсилення витяжки, крім аераційних ліхтарів, установлюють дефлектори різноманітної конструкції. Нині найбільшого поширення набув дефлектор ЦАГІ (Центральний аеродинамічний інститут) (рис. 11.2).

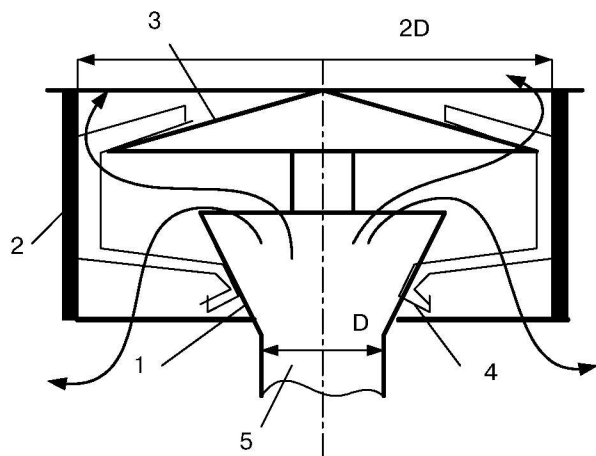


Рис. 11.2. Дефлектор ЦАГІ

Дефлектор складається із дифузора 1 (полегшує вихід повітря), верхню частину якого охоплює циліндрична обичайка 2. Ковпак 3 служить для захисту від потрапляння атмосферних опадів у патрубок 5, а конус 4 — для запобігання задування вітру всередину дефлектора.

Вітер, обдуваючи обичайку дефлектора, створює на більшій частині його кола розрідження, внаслідок чого повітря з приміщення рухається повітроводом та патрубком 5 і потім виходить назовні крізь дві кільцеві щілини між обичайкою 2 та краями ковпака 3 і конуса 4.

Ефективність роботи дефлекторів залежить головним чином від швидкості вітру, а також від висоти встановлення їх над дахом. Перед або за високими частинами будинку дефлектори ставити не варто.

11.2. Опис лабораторної установки

Схема лабораторної дефлекторної установки наведена на рис. 11.3.

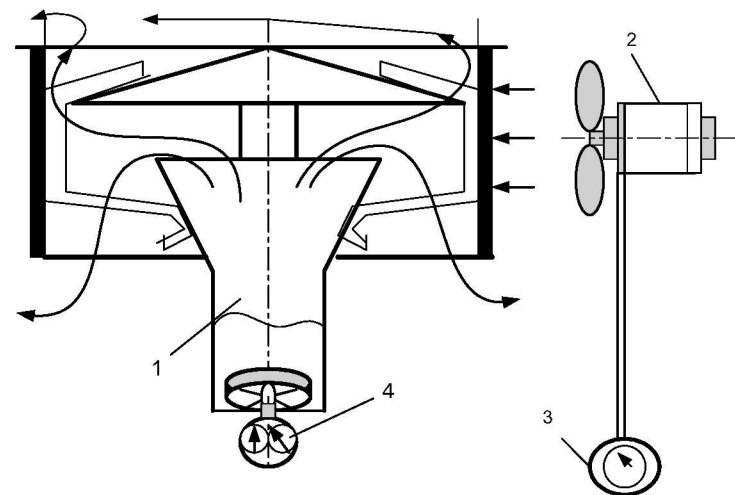


Рис. 11.3. Схема лабораторної установки:
1 — дефлектор ЦАГІ; 2 — осьовий вентилятор; 3 — ЛАТР; 4 — крильчастий анемометр

Установка є фрагментом природного обміну повітря, що створюється аерацією. Природний напір повітря моделюється за допомогою двох вентиляторів.

Дефлектор квадратного перерізу 1 жорстко закріплений на стіні навчальної лабораторії. Для вимірювання швидкості руху повітря в нижній частині дефлектора встановлено крильчастий анемометр 4. При замірах вісь анемометра має бути паралельною до напрямку руху повітряного потоку. Вмикають та вимикають лічильники анемометра аретиром. Швидкість руху повітря визначають за кількістю обертів крильчатки за деякий час. Збуджувачем руху повітря є два осьових вентилятора 2. Вентилятори через лабораторний автотрансформатор ЛАТР 3 підключені до електричної мережі (220 В).

Електричну схему лабораторної установки аерації показано на рис. 11.4.

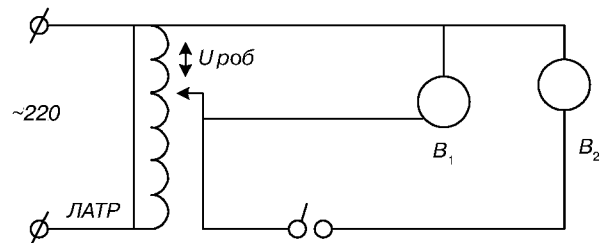


Рис. 11.4. Електрична схема установки: B_1, B_2 — вентилятори

11.3. Порядок виконання роботи

Завдання: виконати розрахунок параметрів дефлектора для навчальної лабораторії на прикладі дефлектора ЦАГП.

Заміри:

- 1) визначення концентрації домішок у повітрі робочого приміщення;
- 2) визначення швидкості руху повітря у дефлекторі та аналіз відповідності експериментального дефлектора розрахунковим вимогам.

І частина

1. Визначити експериментально концентрацію i -х шкідливих речовин у повітрі робочої зони (за вказівкою викладача).

2. Розрахувати потрібний обмін повітря у приміщенні навчальної лабораторії ($\text{м}^3/\text{г}$):

$$Q = \frac{C_i}{(C_{p.z} - C_{пр})}, \quad (11.4)$$

де C_i — кількість i -ї шкідливої речовини в установлених для неї одиницях на годину, (кг/г); $C_{p.z}$ — допустима концентрація i -ї шкідливої речовини у робочій зоні в тих же одиницях на 1 м^3 повітря (за вказівкою викладача); $C_{пр}$ — концентрація шкідливої речовини у припливному повітрі на 1 м^3 (за вказівкою викладача), якщо невідомо, то прийняти в розрахунку $C_{пр} = 0,1 C_{p.z}$.

3. Знайти площу перерізу патрубку дефлектора:

$$f_{\text{деф}} = \frac{Q}{3600 \cdot \bar{v}_{\text{деф}}}, \quad (11.5)$$

де $\bar{v}_{\text{деф}}$ — середня швидкість повітря у дефлекторі (визначається інструментально за вказівкою викладача):

$$\bar{v}_{\text{деф}} = \frac{v_{\text{деф1}} + v_{\text{деф2}} + v_{\text{деф3}}}{3},$$

де $v_{\text{деф1}}, v_{\text{деф2}}, v_{\text{деф3}}$ — швидкість повітря за трьома замірами, м/с.

Результати замірів швидкості повітря у дефлекторі занести до табл. 11.1.

Таблиця 11.1

Зміни швидкості повітря у дефлекторі ($\bar{v}_{\text{деф}}$)

Варіанти вітряного напору	Результати замірів, м/с			$\bar{v}_{\text{деф}}$	$\delta, \%$	Примітки
	$v_{\text{деф1}}$	$v_{\text{деф2}}$	$v_{\text{деф3}}$			
Один вентилятор 50 % W^* 100 % W^*						
Два вентилятори 50 % W^* 100 % W^*						

W^* — потужність вентилятора (до розрахунків не включати).

Обчислити рівень похибки кожного із замірів δ за виразом:

$$\delta = \frac{(\bar{v}_{\text{деф}} - \bar{v}_{\text{деф}n}) \cdot 100\%}{\bar{v}_{\text{деф}}}, \quad (11.6)$$

де $\bar{v}_{\text{деф}n}$ — відповідно, n замірів швидкості, м/с.

Похибка δ не має перевищувати 5%, якщо $\delta \leq 5\%$, заміри повторити.

4. Визначити сторону патрубку дефлектора a_p . Спосіб розрахунковий.

$$a_p = \sqrt{f_{\text{деф}}}, \text{ м (квадратного перерізу),}$$

де $f_{\text{деф}}$ — див. вираз (11.5).

5. Виконати розрахунок a після перетворення виразу (11.7).

$$v_{\text{деф}} = 4,43 \cdot \sqrt{\frac{P_{\text{деф}} + 0,4P_{\text{д}}}{Y_{\text{деф}}(\xi + \lambda L/D + 1,2)}}, \quad (11.7)$$

де $P_{\text{деф}}$ (кг/м²) — тепловий напір (приймемо таким, що дорівнює нулю); $P_{\text{д}} = V^2 Y / 2d$ — швидкісний вітровий напір, кг/м²; D — діаметр дефлектора, м; (або еквівалентний розмір, a — сторона квадратного перерізу); ξ — коефіцієнт місцевого опору (вхід 0,5); $Y_{\text{деф}}$ — питома вага повітря, що видаляється; $Y \cong Y_{\text{деф}} \cong 1,29$ г/л; λ — коефіцієнт опору тертю (для заліза $\lambda = 0,02$); L — довжина патрубку, м (1,6 м).

Приймімо $P_{\text{деф}} = 0$ і перетворімо вираз (11.7) відносно a :

$$a = 9,8 \cdot 10^{-3} + 0,39 \sqrt{5,29 \cdot 10^{-4} \cdot v_{\text{деф}}^2 + 0,42 \cdot v_{\text{п}}^2} \quad (11.8)$$

Результати замірів та розрахунків за п.4—5 занести до таблиці 11.2.

Таблиця 11.2

Результати замірів та розрахунків за п. 4—5

Варіанти	a заміряне	a_p дефлектора	Висновки (відповідність)
1.			
2.			
3.			
4.			
5.			

II частина

Визначити залежність поперечного перерізу дефлектора (або сторони a квадратного перерізу) від швидкості вітрового напору (P_d), використовуючи вирази (11.7) та (11.8), для чого заповнити табл. 11.3 та зробити рисунок залежності у координатах, як це показано на рис. 11.5.

Рис. 11.5. Залежність поперечного перерізу дефлектора (або сторони a квадратного перерізу) від швидкості вітрового напору

Таблиця 11.3

Результати замірів до частини II

№ позиції на ЛАТР	P_d	Розрахункове значення a_p , м	Примітки
1			
2			
3			
4			
5			
6			
7			
8			
9			
10			

11.4. Звіт

1. Мета роботи.
2. Схема лабораторної установки дефлектора ЦАГІ.
3. Таблиці результатів вимірювань та розрахунків.
4. Аналіз результатів.
5. Висновки.

Контрольні запитання і завдання

1. Дайте визначення поняття «робоча зона».
2. У чому полягає сутність вентиляції, чим вона досягається?
3. Що таке площина рівних тисків?
4. У чому полягає сутність природної вентиляції?
5. Чим досягається аерація?
6. Назвіть переваги та недоліки аерації.
7. Розкажіть про дефлектор, його влаштування та принцип дії.

Джерела інформації

1. ГОСТ 12.1.005-88. ССБТ. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны. — М.: Изд-во стандартов. — 70 с.
2. ГОСТ 3.3.6.042-99 Санитарные нормы микроклимата производственных помещений. — К.: Главные санитарно-эпидемиологические требования к воздуху рабочей зоны. — 15 с.
3. Охрана труда в машиностроении / Под ред. Е.Я. Юдина. — М.: Машиностроение, 1983. — 63 с.
4. Долин П.А. Справочник по технике безопасности. — М.: Энергоатомиздат, 1985. — 824 с.
5. Безопасность труда на производстве: Справочник. Производственная санитария, 1969.

ВИЗНАЧЕННЯ ОСВІТЛЕННЯ ПРИМІЩЕНЬ ПРИРОДНИМ СВІТЛОМ

Мета роботи — дослідження кількісних показників природного освітлення, ознайомлення з методами визначення коефіцієнта природної освітленості і необхідної площі світлових прорізів.

12.1. Загальні положення

Із метою створення гігієнічно раціонального освітлення на виробництві до нього ставляться певні вимоги, що відображують кількісні й якісні характеристики, які визначені у СНиП [1].

Кількісний показник — освітленість робочої поверхні E , лк (люкс), оцінюється поверхневою густиною світлового потоку:

$$E = \frac{\Phi}{S}, \quad (12.1)$$

де Φ — світловий потік лм, що падає на поверхню; S — площа поверхні, м².

Якісний показник — це якість виробничого освітлення, що характеризує гігієнічні вимоги до приміщень.

До гігієнічних вимог належать такі показники:

- рівномірний розподіл яскравості в полі зору та обмеженість тіні;
- обмеженість прямої і відбитої блискоті.

У виробничих приміщеннях використовують три види освітленості:

- ◆ природна;
- ◆ штучна;
- ◆ сполучена (характеризується одночасним сполученням природного й штучного освітлення).

Природне освітлення створюється природними джерелами: прямими сонячними променями і дифузним (розсіяним) світлом небосхилу. Інтенсивність і спектральний склад природного освітлення змінюються залежно від географічної широти, часу доби, ступеня хмарності й прозорості атмосфери, ступеня забруднення атмосферного повітря, пори року. Цей вид освітлення біологічно найбільш цінний, до нього максимально пристосоване око людини. Дія штучного освітлення визначається високою інтенсивністю світлового потоку і сприятливим спектральним складом.

Залежно від конструктивного виконання й розташування прорізів для пропускання світла природне освітлення поділяється на:

- бокове, якщо світлові прорізи (вікна) розташовані в зовнішніх стінах;
- верхнє, якщо освітлення здійснюється через ліхтарі та отвори в дахах і перекриттях;
- комбіноване, якщо поєднуються верхнє й бокове освітлення.

Природне освітлення верхнім або комбінованим світлом забезпечує більшу рівномірність рівня освітленості, ніж бокове. При використанні тільки бокового освітлення утворюється високий рівень освітленості поблизу світлових прорізів і низький у глибині приміщення, тому, наприклад, у виробничому цеху при цьому можливе утворення тіней від обладнання великих розмірів.

Основною величиною для розрахунку і нормування природного освітлення є коефіцієнт природного освітлення (КПО), який визначається відношенням освітленості $E_{вн}$, що утворюється в деякій точці (рис. 12.1) заданої площини всередині приміщення світлом неба (безпосереднім або після відбиття), до одночасного значення зовнішньої горизонтальної освітленості $E_з$, яка утворюється світлом повністю відкритого небосхилу і визначається у відсотках:

$$e = \frac{E_{вн}}{E_з} \cdot 100\%. \quad (12.2)$$

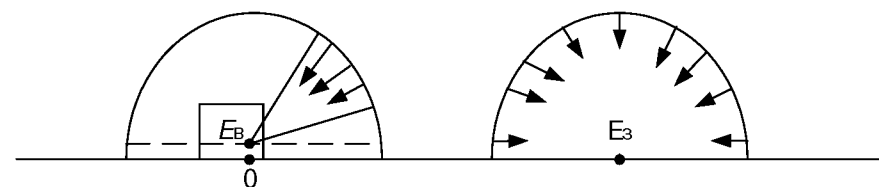


Рис. 12.1. Схема для визначення коефіцієнта природного освітлення: $E_{вн}$ — освітленість всередині приміщення в точці O; $E_з$ — зовнішня освітленість

На значення КПО впливають розмір і конфігурація приміщення, розміри і розташування світлових прорізів, відбивна здатність внутрішніх поверхонь приміщення і об'єктів, що затіняють його.

Світловий потік, що падає на поверхню, частково відбивається, поглинається або пропускається крізь освітлюване тіло. Тому світлові властивості освітлюваної поверхні характеризуються не тільки значенням світлового потоку, що падає на неї, а й коефіцієнтами відбиття ρ , пропускання γ і поглинання α , причому в усіх випадках

$$\rho + \gamma + \alpha = 1. \quad (12.3)$$

Коефіцієнт відбиття ρ визначається як відношення світлового потоку $\Phi_{відб}$, відбитого від поверхні, до світлового потоку, що падає на неї, $\Phi_{пад}$:

$$\rho = \frac{\Phi_{відб}}{\Phi_{пад}}. \quad (12.4)$$

Таким чином, коефіцієнт відбиття характеризує здатність поверхні відбивати світловий потік, що падає на неї. Відбиття світлового потоку поверхнями залежить від їхнього забарвлення, стану і будови.

Середньозважений коефіцієнт відбиття поверхонь приміщення (стелі, стін, підлоги) може бути розрахований за формулою:

$$\rho_{\text{сзв}} = \frac{\rho_1 S_1 + \rho_2 S_2 + \dots + \rho_n S_n}{\sum S}, \quad (12.5)$$

де $\rho_1 \dots \rho_n$ — коефіцієнти відбиття для різних поверхонь; $S_1 \dots S_n$ — площі поверхонь, для яких визначаються коефіцієнти відбиття.

Природне освітлення нормується СНиП II-4-79/95 залежно від характеристики (розряду) зорової роботи, найменшого розміру об'єкта розпізнавання і системи освітлення (для будівель, розташованих у III поясі світлового клімату колишнього СРСР, а зараз країн СНД). Під поняттям «Об'єкт розпізнавання» мають на увазі предмет, що розглядається окремо, або його дефект, ризик, лінію, що утворює букву тощо, які необхідно розпізнавати в процесі роботи.

Нормовані значення КПО для будівель, розташованих у I, II, IV, V поясах світлового клімату, визначають за формулою

$$e_n^{I,II,IV,V} = e_n^{III} \cdot m \cdot c, \quad (12.6)$$

де e_n^{III} — значення КПО для будівель, розташованих у III поясі світлового клімату; m — коефіцієнт світлового клімату; c — коефіцієнт сонячності клімату.

Зорові роботи за ступенем точності їх виконання поділяють на вісім розрядів (1—8).

Розряд і характеристику зорової роботи встановлюють за найменшим розміром об'єкта розпізнавання.

При боковому природному освітленні мінімальне значення ($e_{\text{мін}}$) нормується:

- при односторонньому — в точці, розташованій на відстані 1 м від стіни, найбільш віддаленій від світлових прорізів (так звана розрахункова точка);
- при двосторонньому — в точці посередині приміщення на перетині вертикальної площини характерного розрізу приміщення з умовною робочою поверхнею (або підлогою).

При верхньому або комбінованому освітленні нормується середнє значення КПО в точках, розташованих на перетині вертикальної площини характерного розрізу приміщення з умовною робочою поверхнею (або підлогою).

Середнє значення КПО розраховують за формулою

$$e_{\text{сер}} = \frac{1}{N-1} \left(\frac{e_1}{2} + e_2 + e_3 + \dots + \frac{e_n}{2} \right) \quad (12.7)$$

де N — кількість точок, у яких визначається КПО (першу й останню точки вибирають на відстані 1 м від поверхні зовнішніх стін або перегородок); e_1, e_2, \dots, e_n — значення КПО при верхньому або комбінованому освітленні в точках характерного розрізу приміщення.

При виконанні цієї роботи для визначення відповідності природного освітлення в приміщенні необхідним нормам коефіцієнт природної освітленості визначають для ряду точок, розташованих у перетині двох площин: вертикальної площини характерного розрізу приміщення (на-

приклад, посередині приміщення по осі вікон або між ними) і горизонтальної площини, що розташована на висоті 0,8 м над рівнем підлоги і приймається за умовну робочу поверхню приміщення (рис. 12.2).

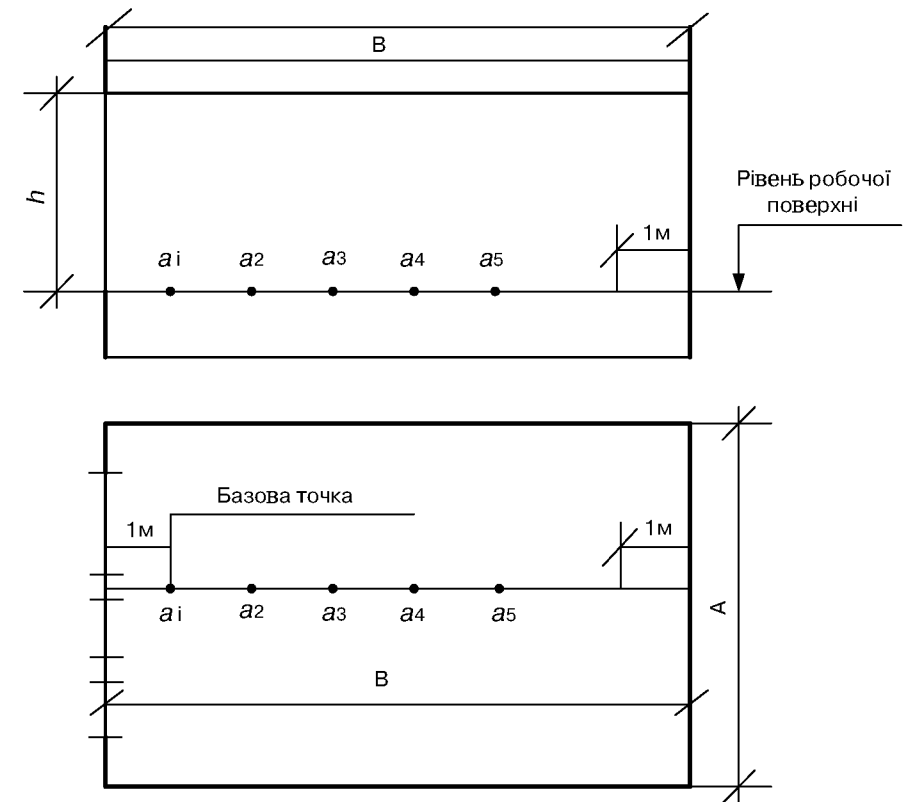


Рис. 12.2. Характерний поперечний розріз і план приміщення для розрахунку коефіцієнта природної освітленості при боковому освітленні: B — глибина приміщення; A — довжина приміщення; h — висота верху вікна над робочою поверхнею

При верхньому або комбінованому освітленні освітленість вимірюється в різних точках приміщення з наступним усередненням, при боковому — на найменш освітлених робочих місцях.

Для забезпечення нормованого значення КПО при боковому освітленні необхідна сумарна площа, м^2 світлових прорізів залежно від площі підлоги становить:

$$S_B = \frac{e_n^{I,II,IV,V} \eta_B S_{\text{п}} K_{\text{буд}} K_3}{100 \tau_3 r_1}, \quad (12.8)$$

при верхньому освітленні

$$S_{\text{л}} = \frac{e_{\text{н}}^{I,II,IV,V} \eta_{\text{л}} S_{\text{п}} K_3}{100 \tau_3 r_2 K_{\text{л}}}, \quad (12.9)$$

де $e_{\text{н}}^{I,II,IV,V}$ — нормоване значення КПО залежно від поясу світлового клімату; $S_{\text{в}}$, $S_{\text{л}}$ — площі світлових прорізів (у світлі) при боковому й верхньому освітленні відповідно, м²; $S_{\text{п}}$ — площа підлоги приміщення, м²; $\eta_{\text{в}}$ — світлова характеристика вікон; K_3 — коефіцієнт запасу, що враховує зниження освітленості в процесі експлуатації засклення і залежить від концентрації шкідливих речовин у повітряному середовищі робочої зони й розташування світлопропускаючого матеріалу; $K_{\text{буд}}$ — коефіцієнт, який враховує затемнення вікон будівлями, що розташовані навпроти; τ_3 — загальний коефіцієнт світлопропускання, визначається за формулою

$$\tau_3 = \tau_1 \cdot \tau_2 \cdot \tau_3 \cdot \tau_4 \cdot \tau_5, \quad (12.10)$$

де τ_1 — коефіцієнт, що враховує втрати світла у світлопропускаючому матеріалі; τ_2 — коефіцієнт, що враховує втрати світла у віконних рамах; τ_3 — коефіцієнт, що враховує втрати світла у тримальних конструкціях (при боковому освітленні $\tau_3 = 1$); τ_4 — коефіцієнт, що враховує втрати світла в захисній сітці, яка встановлюється під ліхтарями, приймається таким, що дорівнює 0,9; $\eta_{\text{л}}$ — світлова характеристика ліхтаря або світлових отворів у площині покриття; r_1 — коефіцієнт, що враховує підвищення КПО при боковому освітленні завдяки світлу, яке відбивається від поверхонь приміщення і підстилкового шару, який прилягає до будівлі; r_2 — коефіцієнт, що враховує підвищення КПО при верхньому освітленні завдяки світлу, яке відбивається від поверхонь приміщення; $K_{\text{л}}$ — коефіцієнт, що враховує тип ліхтаря.

Значення величин, що входять до формул (12.8)—(12.10) вибирають згідно зі СНиП П-4-79/95 [1].

12.1.1. Лабораторне обладнання

У виробничих приміщеннях для контролю за освітленістю використовується люксметр Ю-116, що є сполученням селенового фотоелемента й міліамперметра, шкала якого градуйована в люксах.

Принцип дії люксметра ґрунтується на явищі фотоелектричного ефекту. Світловий потік, падаючи на фотоелемент, викликає протікання фотоструму через міліамперметр, який відхиляє стрілку міліамперметра.

Значення струму й, отже, відхилення стрілки міліамперметра є пропорційними освітленості на робочій поверхні фотоелемента.

Люксметр Ю-116 має дві основні шкали: 0—100 і 0—30. На кожній із них точками позначено початок діапазону вимірювань: на шкалі 0—100 точка розташована над позначкою 17, на шкалі 0—30 — над позначкою 5.

За необхідності розширити межі вимірювань у 10, 100 і 1000 разів на фотоелемент надівають поглинальні насадки (М, Р, Т). На передній

панелі вимірювача є кнопки перемикача шкал і табличка зі схемою, що пов'язує дію кнопок і використовуваних насадок із діапазонами вимірювань, наведеними в табл. 12.1.

Таблиця 12.1

Діапазон вимірювань освітленості з використанням насадок

Діапазон вимірювання, лк	Умовне позначення двох одночасно використовуваних насадок на фотоелементі	Загальний номінальний коефіцієнт ослаблення використовуваних двох насадок — коефіцієнта перелічення шкали
5—30 17—100 50—300 170—1000 50—3000	Без насадки з відкритим фотоелементом К, М	1 10
170—10000 50—30 000	К, Р	100
170—10 0000	К, Т	1000

Для зменшення косинусної похибки, пов'язаної з конструктивними особливостями люксметра, використовують насадку на фотоелемент із півсфери, виконаної з білої пластмаси, яка розсіює світло, і непрозорого пластмасового кільця, яке має складний профіль.

Насадка позначена буквою «К», яка розташовується на її внутрішній стороні, і використовується не самостійно, а одним зі світлофільтрів (М, Р, Т).

Люксметр градуують без насадок, і на діапазонах вимірювань 5—30 і 17—100 лк він має найменшу похибку вимірювань, яка становить $\pm 10\%$.

Люксметр Ю-116 призначений для роботи при температурі навколишнього повітря від +10 до +35°C і відносній вологості не більше 80% при температурі +25°C.

Перед вимірюванням стрілку гальванометра за допомогою коректора встановлюють у нульове положення. При цьому фотоелемент від'єднується від вимірювача люксметра.

Для вимірювання освітленості фотоелемент встановлюють у площині виміру. З'єднують фотоелемент із вимірювачем приладу.

При достатньо високій інтенсивності світлового потоку, а отже, високому рівні освітленості, виміри потрібно починати з використанням насадок К, Т, користуючись для відліку показань спочатку шкалою 0—100 (права кнопка).

Якщо стрілка вимірювача відхиляється нижче 17 поділок, необхідно переключити прилад на шкалу 0—30 (ліва кнопка). Показання приладу по відповідній шкалі множити на коефіцієнт переліку, поданий у табл. 12.1, залежно від насадок, які використовуються (або зазначений на насадках, які використовуються).

Після закінчення вимірювань від'єднати фотоелемент від вимірювального приладу, надіти на фотоелемент фільтр-поглинач, укласти фотоелемент у футляр.

12.1.2. Методика проведення лабораторної роботи

При експериментальному визначенні КПО потрібно виконувати вимірювання освітленості всередині і ззовні приміщення одночасно при небі, закритому хмарами. Точку для вимірювання зовнішньої освітленості вибирають на відкритій ділянці земної поверхні, освітленій усім небосхилом.

При освітленості приміщення прямими сонячними променями вимірювання КПО проводити не потрібно.

Для визначення КПО в кількох точках приміщення, як правило, користуються базовою точкою, для якої КПО визначені значенням $e_6, \%$. Базову точку вибирають на лінії характерного розрізу приміщення. Місце цієї точки має бути добре освітлене природним світлом. За базову точку приймають точку на відстані 1 м від світлових прорізів (див. рис. 12.1).

Виконують вимірювання освітленості в обраній точці і ззовні приміщення. Обчислюють КПО базової точки:

$$e_6 = \frac{E_6}{E_3} \cdot 100, \quad (12.11)$$

де E_6 — освітленість у цій точці; E_3 — те саме ззовні приміщення.

Щоб визначити КПО будь-якої точки x приміщення, вимірюють одночасно освітленість у базовій E_6 точці і в іншій вибраній точці E_x . Коефіцієнт природної освітленості будь-якої точки

$$e_x = e_6 \cdot \frac{E_x}{E_6}. \quad (12.12)$$

12.2. Порядок проведення роботи

Завдання 1. Експериментально дослідити значення КПО у виробничому приміщенні (навчальна лабораторія або аудиторія), визначити нормоване значення КПО для виконуваної зорової роботи (за вказівкою викладача).

Роботу виконувати в такій послідовності:

1. Користуючись нормами (додаток 12А), за найменшим об'єктом розпізнавання визначити розряд і характеристику зорової роботи, що виконується в приміщенні.

За відомою освітленості й характеристикою зорової роботи (розрядом) визначити КПО (e_n^{III}) і обчислити e_n за формулою (12.6) для певного поясу світлового клімату (додатки 12А—12В).

2. Ознайомитися з улаштуванням люксметра.

3. Вибрати характерний розріз приміщення.

4. За характерним розрізом приміщення на висоті 0,8 м від підлоги виконати вимірювання освітленості в базовій точці (на відстані 1 м від світлових прорізів) й одночасно зовнішньої освітленості і занести в табл. 12.2.

Значення КПО у виробничому приміщенні

Точки вимірювань	Вид освітлення	Освітленість усередині приміщення, лк	Одночасно виміряна зовнішня освітленість або освітленість у базовій точці, лк	Отримане значення КПО ($e, \%$)

5. Визначити КПО базової точки, користуючись формулою (12.11).

6. Виконати вимірювання освітленості одночасно в базовій точці і в точках, що розташовуються на однаковій відстані одна від одної по лінії характерного розрізу. Користуючись формулою (12.12), визначити КПО в цих точках і занести в табл. 12.2.

7. Побудувати криву залежності зміни КПО від відстані (у міру віддалення від світлових прорізів).

8. Мінімальне значення КПО в розрахунковій точці (у точці на відстані 1 м від протилежної до світлових прорізів стіни), отримане в результаті вимірювань і обчислень, порівняти з нормативними даними (див. додаток 12А) і зробити висновки.

Завдання 2. Визначити площу світлових прорізів виробничого приміщення, які забезпечують нормоване значення КПО для певного виду зорових робіт. За розрахованою площею світлових прорізів визначити їхні розміри й кількість.

1. Знайти нормоване значення КПО e_n^{III} для зорової роботи, що виконується. Занести в табл. 12.3.

Таблиця 12.3

Початкові дані й результати розрахунку площі світлових прорізів

Вид освітлення	$e_n^{I,II,III,IV}, \%$	$S_n, \text{м}^2$	η_n	K_n	$K_{\text{буд}}$	r_1	τ_n	Площа світлових прорізів, м^2

2. За формулою (12.6) обчислити e_n для певного світлового поясу [1]. Занести в табл. 12.3.

3. Визначити площу підлоги виробничого приміщення. Результати вимірювань занести в табл. 12.3.

4. Вибрати коефіцієнти $\tau_1, \tau_2, \tau_3, \tau_4, \tau_5, r_1, \eta_n, K_{\text{буд}}, K_n$ (додатки 12Г—12К). Занести в табл. 12.3.

5. Розрахувати потрібну (розрахункову) площу світлових прорізів S_n для конкретного приміщення за формулами (12.8)—(12.9). Результати розрахунків занести в табл. 12.3.

6. Порівняти розрахункову площу світлових прорізів S_n із фактичною S_n . Зробити відповідні висновки.

12.3. Звіт

1. Мета роботи.
2. Короткий опис приладу.
3. Таблиці, заповнені за поданою формою.
4. Графік результатів вимірювань КПО по лінії характерного розрізу.
5. Аналіз результатів.
6. Висновки.

Контрольні запитання і завдання

1. Наведіть кількісні й якісні показники освітлення.
2. Подайте визначення коефіцієнта природної освітленості (КПО).
3. Які переваги й недоліки має природне освітлення?
4. За яким принципом здійснюється нормування природного освітлення?
5. Поясніть улаштування та принцип дії люксметра.
6. Які початкові дані необхідні для розрахунку природного освітлення?
7. Які основні розрахункові показники природного освітлення?
8. Назвіть види природного освітлення.
9. Які технічні рішення забезпечують достатню освітленість робочих місць природним світлом?

Джерела інформації

1. СНиП II-4-79/95. Естественное и искусственное освещение. Нормы проектирования. — М.: Стройиздат, 1980/95.
2. Долин П.А. Справочник по технике безопасности. — М.: Энергоатомиздат, 1985. — 824 с.

Додаток 12А

Норми освітленості виробничих приміщень

Характеристика зорової роботи	1	Найменший розмір об'єкта розпізнавання, мм	3	4	5	6	Освітлення						
							Штучне	Природне	Сполучене				
									Освітленість, лк	КПО е ^{III} , % при освітленні	КПО е ^{III} , % при освітленні	Боковому	
Характеристика зорової роботи	7	При комбінованому освітленні	8	При загальному освітленні	1500 1250	9	10	11	12	13	14	2	
													При комбінованому освітленні
Характеристика зорової роботи	1500 4000	2500	750	400	1500 1250	1500 1250	1500 1250	1500 1250	1500 1250	1500 1250	1500 1250	1500 1250	1500 1250
Характеристика зорової роботи	1500 4000	2500	750	400	1500 1250	1500 1250	1500 1250	1500 1250	1500 1250	1500 1250	1500 1250	1500 1250	1500 1250
Характеристика зорової роботи	1500 4000	2500	750	400	1500 1250	1500 1250	1500 1250	1500 1250	1500 1250	1500 1250	1500 1250	1500 1250	1500 1250
Характеристика зорової роботи	1500 4000	2500	750	400	1500 1250	1500 1250	1500 1250	1500 1250	1500 1250	1500 1250	1500 1250	1500 1250	1500 1250
Характеристика зорової роботи	1500 4000	2500	750	400	1500 1250	1500 1250	1500 1250	1500 1250	1500 1250	1500 1250	1500 1250	1500 1250	1500 1250
Характеристика зорової роботи	1500 4000	2500	750	400	1500 1250	1500 1250	1500 1250	1500 1250	1500 1250	1500 1250	1500 1250	1500 1250	1500 1250
Характеристика зорової роботи	1500 4000	2500	750	400	1500 1250	1500 1250	1500 1250	1500 1250	1500 1250	1500 1250	1500 1250	1500 1250	1500 1250
Характеристика зорової роботи	1500 4000	2500	750	400	1500 1250	1500 1250	1500 1250	1500 1250	1500 1250	1500 1250	1500 1250	1500 1250	1500 1250
Характеристика зорової роботи	1500 4000	2500	750	400	1500 1250	1500 1250	1500 1250	1500 1250	1500 1250	1500 1250	1500 1250	1500 1250	1500 1250
Характеристика зорової роботи	1500 4000	2500	750	400	1500 1250	1500 1250	1500 1250	1500 1250	1500 1250	1500 1250	1500 1250	1500 1250	1500 1250
Характеристика зорової роботи	1500 4000	2500	750	400	1500 1250	1500 1250	1500 1250	1500 1250	1500 1250	1500 1250	1500 1250	1500 1250	1500 1250
Характеристика зорової роботи	1500 4000	2500	750	400	1500 1250	1500 1250	1500 1250	1500 1250	1500 1250	1500 1250	1500 1250	1500 1250	1500 1250
Характеристика зорової роботи	1500 4000	2500	750	400	1500 1250	1500 1250	1500 1250	1500 1250	1500 1250	1500 1250	1500 1250	1500 1250	1500 1250
Характеристика зорової роботи	1500 4000	2500	750	400	1500 1250	1500 1250	1500 1250	1500 1250	1500 1250	1500 1250	1500 1250	1500 1250	1500 1250
Характеристика зорової роботи	1500 4000	2500	750	400	1500 1250	1500 1250	1500 1250	1500 1250	1500 1250	1500 1250	1500 1250	1500 1250	1500 1250
Характеристика зорової роботи	1500 4000	2500	750	400	1500 1250	1500 1250	1500 1250	1500 1250	1500 1250	1500 1250	1500 1250	1500 1250	1500 1250
Характеристика зорової роботи	1500 4000	2500	750	400	1500 1250	1500 1250	1500 1250	1500 1250	1500 1250	1500 1250	1500 1250	1500 1250	1500 1250
Характеристика зорової роботи	1500 4000	2500	750	400	1500 1250	1500 1250	1500 1250	1500 1250	1500 1250	1500 1250	1500 1250	1500 1250	1500 1250
Характеристика зорової роботи	1500 4000	2500	750	400	1500 1250	1500 1250	1500 1250	1500 1250	1500 1250	1500 1250	1500 1250	1500 1250	1500 1250
Характеристика зорової роботи	1500 4000	2500	750	400	1500 1250	1500 1250	1500 1250	1500 1250	1500 1250	1500 1250	1500 1250	1500 1250	1500 1250
Характеристика зорової роботи	1500 4000	2500	750	400	1500 1250	1500 1250	1500 1250	1500 1250	1500 1250	1500 1250	1500 1250	1500 1250	1500 1250
Характеристика зорової роботи	1500 4000	2500	750	400	1500 1250	1500 1250	1500 1250	1500 1250	1500 1250	1500 1250	1500 1250	1500 1250	1500 1250
Характеристика зорової роботи	1500 4000	2500	750	400	1500 1250	1500 1250	1500 1250	1500 1250	1500 1250	1500 1250	1500 1250	1500 1250	1500 1250
Характеристика зорової роботи	1500 4000	2500	750	400	1500 1250	1500 1250	1500 1250	1500 1250	1500 1250	1500 1250	1500 1250	1500 1250	1500 1250
Характеристика зорової роботи	1500 4000	2500	750	400	1500 1250	1500 1250	1500 1250	1500 1250	1500 1250	1500 1250	1500 1250	1500 1250	1500 1250
Характеристика зорової роботи	1500 4000	2500	750	400	1500 1250	1500 1250							

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Дуже високої точності	Від 0,15 до 0,3	II	а б в г	Малий Малий Середній Середній Великий Середній Великий	Темний Середній Темний Світлий Середній Темний Світлий Середній	4000 300 2000 1000	1250 750 500 300	7	2	2,5	4,2	1,2	1,5
Високої точності	Від 0,3 до 0,5	III	а б в г	Малий Малий Середній Малий Середній Великий Середній Великий	Темний Середній Темний Світлий Середній Темний Світлий Середній	2000 1000 750 400	500 500 300 200	5	1,9	2	3	1	2
Середньої точності	Від 0,5 до 1	IV	а б в г	Малий Малий Середній Малий Середній Великий Середній Великий	Темний Середній Темний Світлий Середній Темний Світлий Середній	750 500 400 300	300 200 200 150	4	1,2	1,5	2,4	0,7	0,9

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Малої точності	Від 1 до 5	V	а б в г	Малий Малий Середній Середній Великий Середній Великий	Темний Середній Темний Світлий Середній Темний Світлий Середній	300 200 — —	200 150 150 100	3	0,8	1	1,8	0,5	0,6
Груба (дуже малої точності)	Більше 3	IV	—	Незалежно від характеру фону і контрасту об'єкта з фоном	—	—	150	2	0,4	0,5	1,2	0,3	0,3
Пов'язана із самосвітними матеріалами виробами в гарячих цехах	Більше 0,5	VII	—	Незалежно від характеру фону і контрасту об'єкта з фоном	—	—	200	3	0,8	1	1,8	0,5	0,6

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Загальне опостереження за неробітним виробничого процесу: прогнійне		VIII	а		Незалежно від характеристик фону і контрасту об'єкта з фоном		75	1	0,2	0,3	0,7	0,2	0,2
періодичне при прогнійному перебуванні людей у приміщенні			б			Незалежно від характеристик фону і контрасту об'єкта з фоном		50	0,7	0,2	0,5	0,2	0,2
періодичне при прогнійному перебуванні людей у приміщенні			в			Незалежно від характеристик фону і контрасту об'єкта з фоном		30	0,5	0,1	0,1	0,3	0,1

Значення коефіцієнта світлового клімату t

Пояс світлового клімату	Коефіцієнт t
I	1,2
II	1,1
III	1,0
IV	0,9
V	0,8

Примітка. Харків розташований у IV поясі світлового клімату, північніше 50° північної широти.

Значення коефіцієнта сонячності c

Пояс світлового клімату	Коефіцієнт сонячності, c					
	При світлових прорізах, що зорієнтовані за сторонами світу (азимут, град.)					
	у зовнішніх стінах будівель			у прямокутних ліхтарях та трапецієподібних ліхтарях		
	136—225	226—315 46—135	316—45 316—45	69—113 249—293	24—68 204—248 114—158 294—338	150—203 339—23
I	0,9	0,95	1	1	1	1
II	0,85	0,9	1	0,95	1	1
IV						
а) північніше 50° північ.шир.	0,75	0,8	1	0,85	0,9	0,95
б) 50° північ.шир. і південніше	0,7	0,75	0,95	0,8	0,85	0,8
V						
а) північніше 40° північ.шир.	0,65	0,7	0,9	0,75	0,8	0,85
б) 40° північ.шир. і південніше	0,6	0,65	0,85	0,7	0,75	0,8

Значення коефіцієнтів τ_1, τ_2, τ_3

Вид світлопропускаючого матеріалу	Значення τ_1
Скло віконне листове:	
одинарне	0,9
подвійне	0,8
потрійне	0,75
Скло вітринне товщиною 6—8 мм	0,8
Скло листове:	
армоване	0,6
з візерунком	0,65
Скло листове зі спеціальними властивостями:	
сонцезахисне	0,65
контрастне	0,75
Органічне скло:	
прозоре	0,9
молочне	0,6
Пустотілі скляні блоки:	
світлорозсіювальні	0,5
світлопрозорі	0,55
Склопакети	0,8

Вид віконної рами	Значення τ_2
Віконні рами для промислових будівель:	
а) дерев'яні:	
одинарні	0,75
спарені	0,7
подвійні окремі	0,6
б) сталеві:	
одинарні (відкриваються)	0,75
одинарні (глухі)	0,9
подвійні (відкриваються)	0,6
подвійні (глухі)	0,8
Перетини для прорізів житлових, громадських та допоміжних будівель:	
а) дерев'яні:	
одинарні	0,8
спарені	0,75
подвійні окремі	0,65
з потрійним заскленням	0,5
б) металеві:	
одинарні	0,9
спарені	0,85
подвійні окремі	0,8
з потрійним заскленням	0,7

Тримальні конструкції	Значення τ_3
Сталеві ферми	0,9
Залізобетонні та дерев'яні ферми й арки	0,8
Балки та рами суцільні при висоті перетину:	
50 см і більше	0,8
менше 50 см	0,9

Значення коефіцієнта, який враховує втрати світла в сонцезахисних пристроях, τ_4

Сонцезахисні пристрої, вироби і матеріали	Значення τ_4
Регульовані жалюзі та штори, що прибираються (скляні, внутрішні та зовнішні)	1,0
Стационарні жалюзі та екрани із захисним кутом не більше 45° при розташуванні пластин жалюзі або екранів під кутом 90° до площини вікна:	
горизонтальні	0,65
вертикальні	0,75
Горизонтальні козирки із захисним кутом:	
не більше 30°	0,8
від 15° до 45° (багатоступеневі)	0,9—0,6

Значення світлової характеристики η_b світлових прорізів при боковому освітленні

Відношення довжини приміщення A до його глибини B	Значення світлової характеристики η_b при відношенні глибини приміщення B до його висоти від рівня умовної робочої поверхні до верхнього краю вікна h_1							
	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	20	26,5	29
0,5	18	23	31	37	45	54	66	—

Примітка. Глибина приміщення B при боковому природному освітленні — це відстань між зовнішньою стіною зі світловими прорізами і найбільш віддаленою від неї стіною приміщення.

Довжина приміщення A — відстань між стінами, перпендикулярними зовнішній стіні.

Значення коефіцієнта r_1

Відношення глибини приміщення В до висоти від рівня умовно робочої поверхні до верху вікна h_1	Відношення відстані l розрахункової точки від зовнішньої стіни до глибини приміщення В	Значення r_1 при боковому односторонньому освітленні										
		Середньозважений коефіцієнт відбиття стелі, стін і підлоги $\rho_{свв}$										
		0,5										
		0,5	1	2	і більше	0,5	1	2	і більше	0,5	1	2
Від 1 до 1,5	0,1	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05
	0,5	1,4	1,3	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,15	1,15	1,1
	1	2,1	1,9	1,5	1,5	1,3	1,3	1,3	1,3	1,6	1,6	1,3
Від 1,5 до 2,5	0	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1
	0,3	1,8	1,2	1,1	1,1	1,2	1,2	1,1	1,1	1,15	1,15	1,1
	0,5	1,95	1,6	1,3	1,3	1,5	1,5	1,3	1,3	1,35	1,3	1,2
Від 2,5 до 4	1	3,8	3,3	2,4	2,4	2,3	2,3	2,4	2,4	2,4	1,8	1,5
	0,1	1,1	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1	1	1
	0,2	1,1	1,1	1,05	1,05	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,05	1,05
	0,3	1,2	1,15	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1
	0,4	1,3	1,25	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,15	1,15	1,1	1,1
	0,5	1,6	1,45	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,25	1,25	1,15	1,1
	0,6	2	1,75	1,4	1,4	1,6	1,4	1,4	1,4	1,3	1,3	1,2
	0,7	3,6	2,2	1,7	1,7	1,9	1,7	1,7	1,7	1,7	1,4	1,3
	0,8	4,5	3,1	2,4	2,4	2,3	2,4	2,3	2	2	1,5	1,4
	0,9	5,3	4,2	3	3	2,9	3	2,9	2,45	2,45	1,9	1,5
	1	7,2	5,4	4,3	4,3	3,6	3,6	3,1	3,1	3,1	2,2	1,7

Значення коефіцієнта $K_{буд}$, що враховує затінення прорізів протилежними будівлями

$P / H_{буд}$	$K_{буд}$
0,5	1,7
1	1,4
1,5	1,2
2	1,1
3 і більше	1

Примітка. Значення $K_{буд}$ залежить від відношення відстані P між протилежними будівлями до висоти розташування карниза протилежної будівлі над підвіконням вікна П, яке розглядається.

Коефіцієнт запасу K_3

Приміщення і території	Приклади приміщень	Коефіцієнт запасу K_3 при природному освітленні і розташуванні світлопропускового матеріалу		
		Вертикально	Скісно	Горизонтально
1. Виробничі приміщення з повітряним середовищем, що містить у робочій зоні: а) більше 5 мг/м ³ пилу, диму, кіптяви б) від 1 до 5 мг/м ³ пилу, диму, кіптяви в) менше 1 мг/м ³ пилу, диму, кіптяви	Агломераційні фабрики, цементні заводи та обрубувальні відділки ливарних цехів.			
	Цехи ковальські, мартенівські, зварувальні, складального залізобетону.	1,5	1,7	2
	Цехи інструментальні, складальні, механічні, механоскладальні, пошивні.	1,4	1,5	1,8
г) значні концентрації кислот, лугів, газів, які можуть при стиканні з вологою утворювати слабкі розчини кислот, лугів, а також які мають велику корозійну здатність	Цехи хімічних заводів із виробництва кислот, лугів, їдких хімічних реактивів, добрив, цехи гальванічних покриттів і гальванопластики різних галузей промисловості з використанням електродолізу.	1,3	1,4	1,5
	Цехи інструментальні, складальні, механічні, механоскладальні, пошивні.	1,5	1,7	2
2. Приміщення житлових та громадських будівель	Кабінети і робочі приміщення громадських будівель, житлові кімнати, навчальні приміщення, лабораторії, читальні зали та ін.	1,2	1,4	1,5

ДОСЛІДЖЕННЯ ВИРОБНИЧОГО ШУМУ

Мета роботи — засвоєння способів нормування постійного шуму, експериментальне дослідження й розрахунок рівня звуку (звукового тиску) від кількох джерел, а також звукоізолюючої властивості стінки.

13.1. Загальні положення

Шум — безладне сполучення різних за частотою та інтенсивністю звуків (хвиль «розрядження — стискання» у повітрі). Шум є дуже поширеним шкідливим виробничим фактором. Частотний діапазон звукових хвиль, що сприймає людина за допомогою слуху, вельми широкий (у більшості людей від 20 до 12 000 Гц), тому, щоб мати можливість реально (не роблячи по 12 000 вимірювань) оцінити чутливість людини до дії акустичної енергії на різних частотах, увесь діапазон звуків, що чує людина, розбито на дев'ять октавних смуг.

Октавна смуга — це смуга частот, у якій верхня гранична частота удвічі більша за нижчу граничну частоту. У кожній із них відбувається подвоєння частоти: $f_2 = 2f_1$, де f_1 і f_2 — крайні в октаві частоти. Октави позначаються середньгеометричними значеннями крайніх частот: $f = \sqrt{f_1 \cdot f_2}$.

Гігієнічну оцінку і нормування постійного шуму виконують за рівнем середньоквадратичного звукового тиску L (дБ) в октавних смугах частот із середньгеометричними частотами 31,5; 63; 125; 250; 500; 1000; 2000; 4000; 8000 Гц (табл. 13.1).

$$L = 10 \lg \frac{P^2}{P_0^2} = 20 \lg \frac{P}{P_0}, \quad (13.1)$$

де P — середньоквадратичний звуковий тиск за час T ,

$$P = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T P^2(t) dt}$$

(тут $P(t)$ — змінний звуковий тиск у точці вимірювання; t — поточне значення часу); $P_0 = 2 \cdot 10^{-5}$ Па — опорне значення звукового тиску.

Така оцінка дає середнє значення змінного звукового тиску $P(t)$, який вимірюється й є знакозмінною величиною.

На значення середньоквадратичного звукового тиску з достатнім ступенем точності реагують мікрофони, які використовуються як чутливі елементи шумомірів.

Таблиця 13.1

Допустимі рівні звукового тиску і звуку за ГОСТом 12.1.003-83* і ГОСТом 12.1.036-81

Види трудової діяльності, приміщення, робочі місця	Рівні звукового тиску в дБ в октавних смугах із середньгеометричними частотами, Гц									Рівні звуку та еквівалентні рівні звуку, дБА
	Крайні частоти в октавних смугах									
	31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
1	2	8	4	5	6	7	8	9	10	11
Крайні частоти в октавних смугах, Гц	22	45	90	180	360	720	1440	2880	5760	11 520
	45	90	180	360	720	1440	2880	5760	11 520	22
1. Творча діяльність, конструювання, проектування, викладання і навчання, лікарська діяльність та ін.	80	71	61	54	49	45	42	40	38	35
2. Адміністративно-керівна діяльність, вимірювальні та аналітичні роботи в лабораторіях, конструкторських приміщеннях	98	79	70	68	58	55	52	50	49	48
3. Робота, що потребує поотійного слухового контролю, робота оператора, диспетчера	96	88	74	68	68	60	57	55	54	53

4. Робота, що потребує зосередження в кабінах спостереження і дистанційного керування, лабораторіях із шумним обладнанням	5. Виконання всіх видів робіт (за винятком пп. 1—4) у виробничих приміщеннях і на території підприємства	108	91	88	77	78	70	68	65	54	75	
		Приміщення, робочі місця										
		6. Житлові, спальні кімнати та ін.	—	63	52	45	39	35	32	30	28	40
		7. Палати лікарень	—	59	48	40	34	30	27	25	23	35
		3. Робочі місця водіїв олійського господарської техніки, вантажного транспорту	107	95	87	82	78	75	73	71	69	80
		9. Робочі місця водіїв легкових автомобілів	93	79	70	63	53	55	52	50	49	60

Формула (13.1) виражає основний психофізичний закон, за яким зміна інтенсивності відчуття людини пов'язана логарифмічною залежністю з відносною зміною енергії подразника. У цьому випадку енергія подразника — звукових хвиль — виражається, як відомо з фізики, через квадрат звукового тиску. За опорне прийнято значення P_0 звукового тиску на порозі чутності при $f = 1000$ Гц, від якого й відраховуються за допомогою мікрофона відносні значення енергії шуму, який вимірюється (оцінюється), тобто дається оцінка відчуття цього шуму людиною відносно відчуття звуку на порозі чутності при $f = 1000$ Гц.

Вимірювання рівнів звукового тиску виконують шумоміром із набором октавних фільтрів, кожен із яких пропускає енергію коливань тільки у своїй смузі частот.

Оцінку шуму без урахування частотної структури проводять за шкалою «А» шумоміра, за якою визначається еквівалентний рівень звуку в децибелах (дБА). Енергія, що сприймається й перетворюється мікрофоном, через підсилювач подається прямо на вимірювальний прилад (міліамперметр) без розподілу на октавні смуги (див. останню графу табл. 13.1).

У процесі виконання лабораторної роботи необхідно проаналізувати цифрові дані табл. 13.1 і виявити, від чого залежать (в дБ і дБА) допустимі значення шуму (завдання 3).

Знаючи рівні звуку, що утворюються окремими джерелами (одницями виробничого обладнання) (P_{A1} , P_{A2} і т.д.):

$$L_{A1} = 10 \lg \frac{P_{A1}^2}{P_0^2}; \quad L_{A2} = 10 \lg \frac{P_{A2}^2}{P_0^2} \quad \text{тощо,}$$

можна визначити:

$$\frac{P_{A1}^2}{P_0^2} = 10^{0,1L_{A1}}; \quad \frac{P_{A2}^2}{P_0^2} = 10^{0,1L_{A2}}; \quad \text{й ін.}$$

Тоді при встановленні в приміщенні виробничого обладнання з відомими шумовими характеристиками можна розрахунково заздалегідь визначити очікуваний сумарний рівень звуку від кількох джерел за формулою

$$L_{A\Sigma} = 10 \lg \left(\frac{P_{A1}^2}{P_0^2} + \frac{P_{A2}^2}{P_0^2} + \dots \right) = 10 \lg (10^{0,1L_{A1}} + 10^{0,1L_{A2}} + \dots). \quad (13.2)$$

Формула (13.2) використовується при виконанні завдання 1 цієї лабораторної роботи.

Одним зі способів боротьби із шумом є звукоізоляція за допомогою огорож — стінок (кабіни управління транспортних засобів, «тихі» приміщення).

У широкому діапазоні частот від подвоєного значення власної найнижчої частоти коливань стінки $f_{1,1}$ до 0,5 частоти збігу $f_{3,6}$ діє закон маси, за яким звукоізолююча здатність одношарової плоскої стінки (плити)

$$R_{ст} = 20 \lg (m_{ст} \cdot f) - 47,5, \quad (13.3)$$

де $m_{ст}$ — маса одиниці площини стінки (поверхнева густина), кг/м²; f — середньгеометрична частота октавних смуг.

Для плити частоти власних згасаючих коливань становлять:

$$f_{m,n} = 0,45C_{ст} \cdot h \left(\frac{m}{a} \right)^2 + \left(\frac{n}{b} \right)^2, \quad (13.4)$$

де $C_{ст}$ — швидкість звуку в матеріалі стінки, м/с; h — товщина стінки, м; m і n — кількість півхвиль форм коливань стінки в напрямках її сторін; a і b — розміри стінки, м.

Найнижча частота $f_{1,1}$ відповідає $m = 1$ і $n = 1$ (виникає резонанс із падаючою звуковою хвилею такої ж частоти). Найменша частота збігу $f_{зб}$ (резонанс із хвилею, що проходить уздовж стінки), Гц:

$$f_{зб} = \frac{C_2}{1,8 C_{ст} \cdot h} = \frac{6,4 \cdot 10^4}{C_{ст} \cdot h}, \quad (13.5)$$

де C — швидкість звуку в повітрі, прийнята $C = 344$ м/с (при 20°C).

Формули (13.3) — (13.5) використовуються для виконання завдання 2.

Довідка. Для сталі $C_c = 5350$ м/с при $h_c = 1$ мм, $m_c = 7,8$ кг/м²; для скла силікатного $C_{cc} = 4000$ м/с при $h_{cc} = 3$ мм, $m_{cc} = 7,5$ кг/м²; для скла органічного $C_{co} = 1900$ м/с при $h_{oc} = 4$ мм, $m_{oc} = 4,8$ кг/м²; для фанери $C_{ф} = 2100$ м/с при $h_{ф} = 3$ мм, $m_{ф} = 2,4$ кг/м².

На частотах, близьких до $f_{1,1}$, ізолююча здатність (властивість) стінки практично відсутня. На частотах від $2f_{1,1}$ до $0,5f_{зб}$ вона підпорядковується закону маси (див. формулу (13.3)). На частотах від $0,5f_{зб}$ до $f_{зб}$ — знижується на 10—12 дБ, а потім знову зростає (рис. 13.1).

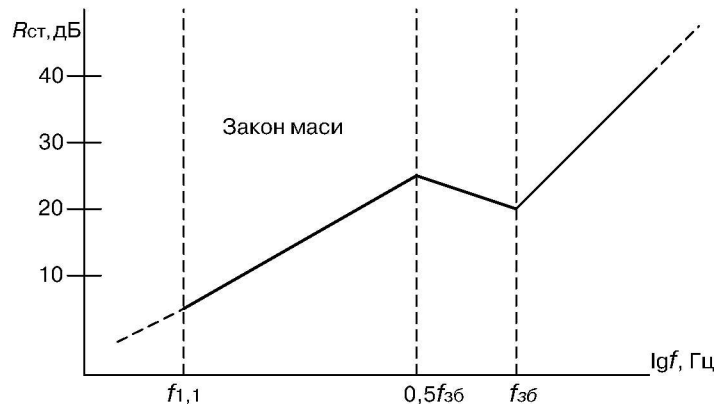


Рис. 13.1. Ізолююча здатність (властивість) стінки

Для шуму з переважним скупчуванням акустичної енергії (до 80%) у спектрі частот від $2f_{1,1}$ до $0,5f_{зб}$ можна приблизно визначити ізолювальну здатність (властивість) стінки R , дБА. Так, для стінки зі сталі товщиною $h_c = 1...10$ мм:

$$R_{ст.А} = 12 + 9 \lg \frac{h_c}{h_o}, \quad (13.6)$$

де h_o — одинична товщина стінки, $h_o = 1$ мм.

Для силікатного скла з $h_{cc} = 2...10$ мм:

$$R_{ст.А} = 9 + \lg \frac{h_{cc}}{h_o}. \quad (13.7)$$

Для органічного скла з $h_{oc} = 5...10$ мм:

$$R_{ст.А} = 6 + 6 \lg \frac{h_{oc}}{h_o}. \quad (13.8)$$

Для фанери з $h_{ф} = 3...20$ мм:

$$R_{ст.А} = 4 + 5 \lg \frac{h_{ф}}{h_o}. \quad (13.9)$$

13.2. Лабораторне обладнання

Дослідження шуму проводиться в заглушеній камері, внутрішня поверхня якої вкрита пористим звукопоглинальним матеріалом для усунення ефекту відбиття (посилення) звуку всередині камери. Камера розділена на дві частини перегородкою (стінкою), звукоізолювальна здатність якої визначається під час дослідження. Можуть установлюватися перегородки з різних матеріалів.

Усередині камери з одного боку від перегородки встановлені джерела шуму. У зовнішній стінці камери є два отвори, через які за допомогою мікрофона вимірюється рівень шуму по обидва боки внутрішньої перегородки.

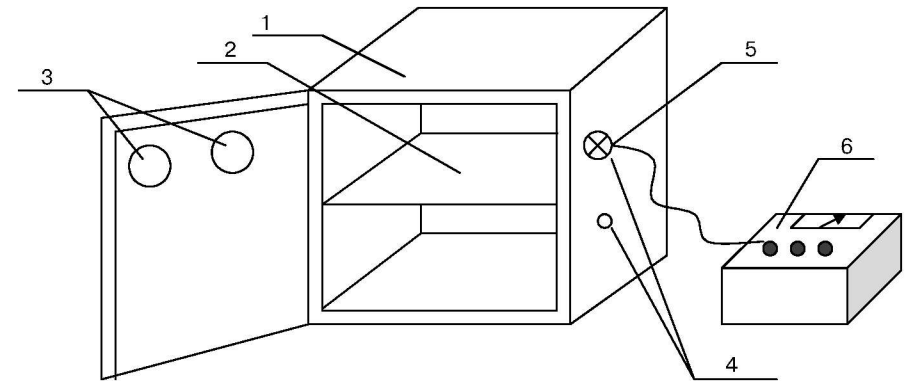


Рис. 13.2. Схема лабораторної установки:

1 — шумова камера; 2 — ізолювальна перегородка; 3 — джерела шуму; 4 — отвори для мікрофону; 5 — мікрофон; 6 — шумомір

13.3. Порядок проведення роботи

Завдання 1. Дослідити додавання шуму від кількох джерел.

Дослідження рекомендується проводити в такій послідовності:

1. Ознайомитися з улаштуванням лабораторної установки, правилами безпеки та інструкцією з роботи із шумоміром.
2. Перевірити роботу джерел шуму.
3. Заготувати форму звіту з виконання завдання, зазначивши мету роботи, вимірювальну апаратуру, а також виконавши потрібні таблиці. Результати вимірювань занести в табл. 13.2.

Таблиця 13.2

Результати вимірювань і обчислень рівня звуку

Найменування величини	Номер виміру					Середнє значення	Розрахункове значення	Примітка
	1	2	3	4	5			
L_{A1} , дБА								
L_{A2} , дБА								
$L_{A\Sigma}$, дБА								

4. Підготувати шумомір для вимірювань за частотною характеристикою «А» і, короткочасно включаючи джерела шуму, зробити по п'ять вимірювань L_{A1} , L_{A2} , $L_{A\Sigma}$ відповідно до інструкції з експлуатації приладу. Вимкнути прилад. Результати записати в табл. 13.2.

5. Опрацювати результати експерименту й обчислити $L_{A\Sigma}$ за формулою (13.2), зробити висновки.

Завдання 2. Дослідити ізолювальну здатність стінки (параметри для розрахунку задає викладач).

Побудувати графік за формою (рис. 13.1).

Результати розрахунку $R_{ст.А}$ внести в табл. 13.3.

Таблиця 13.3

Результати вимірювань і розрахунки ізолювальної здатності стінки

Найменування величини	Номер виміру					$(L_A)_{ср}$	$R_{ст.А} = (L_{A1})_{ср} - (L_{A2})_{ср}$ (експеримент)	$R_{ст.А}$ (розрахунок)
	1	2	3	4	5			
L_{A1} , дБА								
L_{A2} , дБА								

Роботу проводити в такій послідовності:

1. Підготувати шумомір для вимірювань за частотною характеристикою «А» і, короткочасно вмикаючи джерело шуму, зробити вимірювання L_{A1} (з боку джерела шуму) та L_{A2} (з протилежного боку перегородки). Вимкнути шумомір. Результати занести в табл. 13.3.

2. Опрацювати результати експерименту і зробити висновки.

Завдання 3. На підставі аналізу даних табл. 13.1 назвати (записати) способи нормування постійного шуму, зробити висновки, від чого залежать допустимі рівні шуму.

За вказівкою викладача виміряти $R_{ст}$ в одній з октавних смуг, порівняти з результатами розрахунку (див. графік, побудований при виконанні завдання 2).

13.4. Звіт

1. Мета роботи.
2. Короткий опис приладів, які використовуються.
3. Таблиці 13.2 і 13.3 заповнити за наведеною формою.
4. Графік за формою рис. 13.1.
5. Аналіз результатів.
6. Висновки.

Контрольні запитання і завдання

1. В яких одиницях оцінюється сприймання шуму людиною?
2. Наскільки підвищиться рівень звуку при додаванні шуму від двох однакових джерел?
3. Від яких параметрів залежить ізолювальна здатність стінки?

Джерела інформації

1. ГОСТ 12.1.003-83*. ССБТ. Шум. Общие требования безопасности. Введен. 01.07.89.
2. ГОСТ 12.1.036-81. ССБТ. Шум. Допустимые уровни в жилых и общественных зданиях. Введен 01.07.82.
3. ДСТУ 2325-93. ССБП. Шум. Терміни і визначення. Введен 30.01.95.
4. Долин П.А. Справочник по технике безопасности. — М.: Энергоатомиздат, 1985. — 824 с.

ДОСЛІДЖЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ВІБРОІЗОЛЯЦІЇ

Мета роботи — засвоєння методики визначення параметрів вібрації й ефективності віброізоляції на прикладі лабораторної вентиляційної установки; практичне виконання гігієнічної оцінки вібрації.

14.1. Загальні положення

Вібрація — механічні коливання, що передаються тілу людини. Вібрація спричиняє, залежно від тривалості, інтенсивності дії, частоти, а також умов праці стійкі патологічні зміни нервової системи (порушення процесів збудження й гальмування), опорно-рухового апарату (деформація суглобів, втрата сили м'язів) і кровоносної системи (звужування або розширення периферійних судин).

Особливо небезпечними для людини є коливання з частотою 4—8 Гц, які збігаються з власною частотою коливань ряду внутрішніх органів, що пружно закріплені на кістяку (серце, печінка, нирки та ін.) і близько 30 Гц (частота власних коливань людини).

14.2. Лабораторне обладнання

Загальний вигляд лабораторної установки, на якій проводяться дослідження, показано на рис. 14.1.

Вентилятор 1 жорстко закріплено на основі 2, яка спирається на фундаментну плиту 3 через чотири пружини-віброізолятори 4 і може переміщатися по чотирьох напрямних шпильках 5. На двох шпильках нарізано різьбу. Затягуючи гайки 6, можна зафіксувати основу вентилятора на фундаментній плиті (вимкнути віброізолятори).

На диску робочого колеса 7 (типу «колеса для білки») вентилятора встановлено незрівноважений вантаж, відцентрова сила якого і спричиняє вібрацію (незбалансованість оберткових мас — найпоширеніша причина вібрації машин).

При виконанні лабораторної роботи оцінку вібрації проводять за допомогою віброметра ВІП-2, який дає змогу визначити амплітуду a , мкм, коливань досліджуваного об'єкта, і середньоквадратичне значення віброшвидкості v , мм/с:

$$v = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T v^2(t) dt},$$

де T — період коливань, с; $v(t)$ — швидкість у коливальному русі, мм/с; t — час, с.

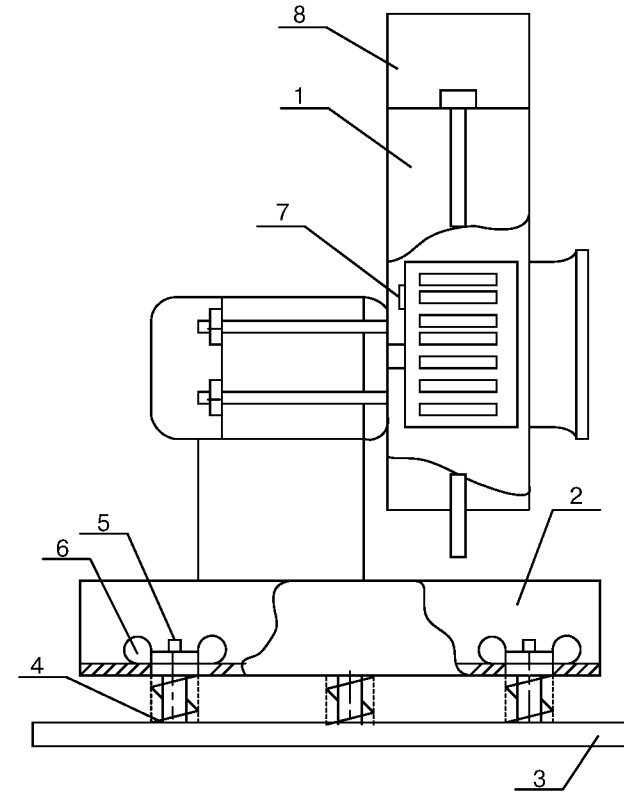


Рис. 14.1. Лабораторна вентиляційна установка:
1 — відцентровий вентилятор; 2 — основа вентилятора; 3 — фундаментна плита;
4 — пружини-віброізолятори; 5 — напрямні шпильки; 6 — гайки; 7 — робоче колесо;
8 — кришки

Така оцінка дає середнє значення вимірюваної змінної швидкості $v(t)$, яка є знакозмінною величиною.

Ефективність віброізоляції оцінюється коефіцієнтом передачі

$$K_{\Pi} = \frac{a_{\text{віб}}}{a} = \frac{v_{\text{віб}}}{v}, \quad (14.1)$$

де $a_{\text{віб}}$ та a — амплітуди коливань фундаментної плити, відповідно, при наявності віброізоляції і без неї (віброізолятори вимкнені); $v_{\text{віб}}$ і v — відповідні значення середньоквадратичної віброшвидкості.

У лабораторній роботі K_{Π} визначається за експериментальними даними (вимірювання a або v) і розрахованим шляхом. Отримані результати порівнюють і аналізують.

При розрахунку K_{Π} припускають, що середні пружинні опори, центр мас рухомої системи (вентилятор з основою) і диск колеса вентилятора з незрівноваженим вантажем розташовані в одній вертикальній поперечній площині. Отже, можна приблизно розглядати

коливання центра мас як систему з одним ступенем свободи. Тоді, нехтуючи силами демпфірування (тертям), маємо:

$$K_{\pi} = \frac{1}{\left(\frac{\omega}{P}\right)^2 - 1}, \quad (14.2)$$

де $P = \sqrt{\frac{C}{m}}$ — власна частота системи, 1/с;

$C = 2,5 \cdot 10^4$ — сумарна жорсткість пружинних опор, Н/м;
 $m = 8,4$ кг — маса рухомої системи; ω — кутова частота, 1/с, яка визначається за числом обертів колеса (електродвигуна) вентилятора, незбалансованість якого (вантаж) спричиняє вібрацію;

$$\omega = \frac{2\pi n}{60} = 2\pi f, \quad (14.3)$$

де n — частота обертання електродвигуна, об/хв, 2750; f — частота коливань, Гц.

Віброметр ВИП-2 складається з віброперетворювача, приладу вимірювального і з'єднувального кабелю.

Віброперетворювач Д21А має циліндричну форму і складається із сейсмоприймача СВ-10Ц, розташованого в сталевому корпусі, і контакт-ного штиря. Для підключення з'єднувального кабелю є роз'єднувач.

Принцип роботи віброперетворювача полягає ось у чому: при контакті штиря з віброуючим об'єктом відбувається відносний зсув підвісної системи приладу (інерційної маси) і корпусу (магнітопроводу). При цьому на кінцях обмотки катушки підвісної системи виникає електрорушійна сила, значення якої пропорційне швидкості зсуву.

Прилад вимірювальний конструктивно виконано у вигляді окремого блока. Підсилювач приладу виконано на друкованій платі. На лицьовій панелі розташовані прилад-показчик і перемикачі «род роботи» і «пределы измерения».

Перемикач «род работы» має такі положення:

«откл.» — живлення приладу вимкнено;

«контр. питания» — контролюється наявність і значення напруги живлення;

mm/s (синій колір) — положення, в якому вимірюється середньоквадратична віброшвидкість, мм/с;

μm (чорний колір) — положення, в якому вимірюється амплітуда вібропереміщення, мкм.

14.3. Порядок проведення роботи

Завдання 1. Експериментально і теоретично визначити K_{π} , порівняти й оцінити результати.

1. Підготувати ВИП-2 до роботи: відкрити шкіряний футляр, дістати перетворювач із гнізда, за допомогою кабелю з'єднати його з приладом вимірювальним, угвинтити контактний штир; перемикач «пределы измерения» встановити в положення 100/1000, перемикач «род рабо-

ты» — в «контр. питания». Стрілка приладу-показчика має встановитися між позначками 7 і 10 шкали, що свідчить про нормальне значення напруги живлення. Віброметр готовий до роботи.

2. Перевірити готовність лабораторної установки до роботи: зняти заглушку вихідного повітряного каналу, впевнитися у відсутності сторонніх предметів усередині корпусу вентилятора.

3. Закрутити до упору гайки 6 (вимкнути пружинну віброізоляцію); запустити вентилятор (увімкнути живлення); засвоїти методику вимірювання, виміряти амплітуди або віброшвидкості (за вказівкою викладача) у позначеній фарбою точці на фундаментній плиті. Результати занести у звіт за формою табл. 14.1 або 14.2.

Таблиця 14.1

Результати вимірювань віброшвидкості

Вимірюваний параметр	Номер виміру					$(v)_{\text{сер}}$	$K_{\pi} = (v_{\text{віб}})_{\text{сер}} / (v)_{\text{сер}}$
	1	2	3	4	5		
v , мм/с							
$v_{\text{віб}}$, мм/с							

Таблиця 14.2

Результати вимірювань амплітуди

Вимірюваний параметр	Номер виміру					$(a)_{\text{сер}}$	$K_{\pi} = (a_{\text{віб}})_{\text{сер}} / (a)_{\text{сер}}$
	1	2	3	4	5		
a , мкм							
$a_{\text{віб}}$, мкм							

4. Зупинити вентилятор (вимкнути живлення), звільнити гайки 6 (увімкнути віброізолятори). Легким натискуванням на електродвигун зверху вниз упевнитися у вільному переміщенні рухомої системи й відсутності контакту між напрямними шпильками 5 і платформою 2.

Запустити вентилятор і зробити вимірювання $a_{\text{віб}}$ або $v_{\text{віб}}$ у тій же точці, позначеній фарбою. Результати занести у звіт за формою табл. 14.1 або 14.2.

5. Зупинити вентилятор (вимкнути живлення), поставити на місце заглушки вихідного повітряного каналу. Вкласти ВИП-2 у футляр.

6. Обчислити експериментальні значення K_{π} за формулою (14.1), використовуючи середні значення виміряних амплітуд або швидкостей.

7. За формулою (14.3) вирахувати частоту ω вимушених коливань.

8. За формулою (14.2) визначити розрахункове значення K_{π} , порівняти з експериментальним значенням, пояснити можливу різницю числових значень.

Завдання 2. Дати гігієнічну оцінку вібрації відповідно до допустимих значень параметрів за ГОСТом 12.1.012-90 (дод. 14А).

1. Прийняти умовно, що виміряні значення амплітуд або швидкостей фундаментної плити є параметрами вібрації підлоги виробничого приміщення з постійним перебуванням людей.

У дод. 14А наведено один із рекомендованих ГОСТом методів гігієнічної оцінки вібрації, що передається тілу людини, — частотний (спектральний) аналіз нормованого параметра, яким може бути середньоквадратичне значення віброприскорення w , м/с², віброшвидкості v , м/с, або логарифмічний рівень віброшвидкості L_v , дБ.

2. У випадку експериментального визначення амплітуди скористатися співвідношенням:

$$v = \frac{\omega a}{\sqrt{2}} \text{ або } \omega = \omega v = \frac{\omega^2 a}{\sqrt{2}}. \quad (14.4)$$

Логарифмічний рівень віброшвидкості визначається за формулою

$$L_v = 10 \lg \frac{v^2}{v_0^2}, \quad (14.5)$$

де $v_0 = 5 \cdot 10^{-8}$ м/с — опорна віброшвидкість (або за табл. 1 додатка 14А).

Формула (14.5) виражає за основним психофізичним законом (див. лабораторну роботу 13) логарифмічну залежність відчуття людиною вібрації від кінетичної енергії, яка при цьому передається їй (остання виражається через v^2).

14.4. Звіт

1. Мета роботи.
2. Характеристика засобів вимірювань.
3. Результати розрахунку K_n (табл. 14.1 і 14.2).
4. Висновки про ефективність віброізоляції.
5. Результати гігієнічної оцінки вібрації.
6. Висновки.

Контрольні запитання і завдання

1. Назвіть причини вібрації вентиляційної установки.
2. Що таке середньоквадратична віброшвидкість?
3. Коефіцієнт передачі K_n , його значення при жорсткому з'єднанні вентилятора й фундаменту.
4. Наведіть прийняті за ГОСТом 12.1.012-90 нормовані параметри вібрації.
5. Зробіть частотний аналіз нормованого параметра вібрації (гігієнічна оцінка).
6. Розкрийте зв'язок кутової частоти ω , 1/с, і частоти коливань f , Гц.

Джерела інформації

1. Долін П.А. Справочник по технике безопасности. — М.: Энергоатомиздат, 1985. — 824 с.
2. ГОСТ 12.1.012-90. ССБТ. Вибробезопасность. Общие требования безопасности. Введен. 01.01.80.
3. ДСТУ 2300-93. ССБП. Вібрація. Терміни і визначення. Введен 20.01.95.

ГОСТ 12.1.012-90 (витяги)

Система стандартів безпеки праці. Вібрація. Загальні вимоги безпеки

2. Гігієнічні характеристики і норми вібрації.

2.1. При частотному (спектральному) аналізі нормованими параметрами будуть середні квадратичні віброшвидкості v (і їхні логарифмічні рівні L_v) або віброприскорення w в 1/1-октавних смугах або 1/3-октавних смугах.

2.2. Для загальної вібрації на постійних робочих місцях у виробничих приміщеннях підприємств допустимі значення нормованого параметра мають відповідати зазначеним у табл. 1.

Таблиця 1

Допустимі значення нормованого параметра

Середньгеометричні частоти смуг, Гц	За віброприскоренням		За віброшвидкістю		
	м/с ²		м/с·10 ⁻²		дБ
	в 1/3-октавних	в 1/1-октавних	в 1/3-октавних	в 1/1-октавних	в 1/1-октавних
	Z, X, Y	Z, X, Y	Z, X, Y	Z, X, Y	Z, X, Y
1,6	0,09		0,90		
2,0	0,08	0,14	0,64	1,30	108
2,5	0,071		0,46		
3,15	0,063		0,32		
4,0	0,056	0,10	0,23	0,45	99
5,0	0,056		0,18		
6,3	0,056		0,14		
8,0	0,056	0,11	0,12	0,22	93
10,0	0,071		0,12		
12,5	0,090		0,12		
16,0	0,112	0,20	0,12	0,20	92
20,0	0,140		0,12		
25,0	0,18		0,12		
31,5	0,22	0,40	0,12	0,20	92
40,0	0,285		0,12		
50,0	0,355		0,12		
63,0	0,445	0,80	0,12	0,20	92
80,0	0,56		0,12		

Примітка. Z — вертикальний; X, Y — горизонтальний напрямки осей координат.

Десятки, дБ	Одиниці, дБ									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
50	$1,6 \cdot 10^{-5}$	$1,8 \cdot 10^{-5}$	$2,0 \cdot 10^{-5}$	$2,2 \cdot 10^{-5}$	$2,5 \cdot 10^{-5}$	$2,8 \cdot 10^{-5}$	$3,2 \cdot 10^{-5}$	$3,5 \cdot 10^{-5}$	$4,0 \cdot 10^{-5}$	$4,5 \cdot 10^{-5}$
60	$5,0 \cdot 10^{-5}$	$5,6 \cdot 10^{-5}$	$6,3 \cdot 10^{-5}$	$7,1 \cdot 10^{-5}$	$7,9 \cdot 10^{-5}$	$8,9 \cdot 10^{-5}$	$1,0 \cdot 10^{-4}$	$1,1 \cdot 10^{-4}$	$1,3 \cdot 10^{-4}$	$1,4 \cdot 10^{-4}$
70	$1,6 \cdot 10^{-4}$	$1,8 \cdot 10^{-4}$	$2,0 \cdot 10^{-4}$	$2,2 \cdot 10^{-4}$	$2,5 \cdot 10^{-4}$	$2,8 \cdot 10^{-4}$	$3,2 \cdot 10^{-4}$	$3,5 \cdot 10^{-4}$	$4,0 \cdot 10^{-4}$	$4,5 \cdot 10^{-4}$
80	$5,0 \cdot 10^{-4}$	$5,6 \cdot 10^{-4}$	$6,3 \cdot 10^{-4}$	$7,1 \cdot 10^{-4}$	$7,9 \cdot 10^{-4}$	$8,9 \cdot 10^{-4}$	$1,0 \cdot 10^{-3}$	$1,1 \cdot 10^{-3}$	$1,3 \cdot 10^{-3}$	$1,4 \cdot 10^{-3}$
90	$1,6 \cdot 10^{-3}$	$1,8 \cdot 10^{-3}$	$2,0 \cdot 10^{-3}$	$2,2 \cdot 10^{-3}$	$2,3 \cdot 10^{-3}$	$2,8 \cdot 10^{-3}$	$3,2 \cdot 10^{-3}$	$3,5 \cdot 10^{-3}$	$4,0 \cdot 10^{-3}$	$4,5 \cdot 10^{-3}$
100	$5,0 \cdot 10^{-3}$	$5,6 \cdot 10^{-3}$	$6,3 \cdot 10^{-3}$	$7,0 \cdot 10^{-3}$	$7,9 \cdot 10^{-3}$	$8,9 \cdot 10^{-3}$	$1,0 \cdot 10^{-2}$	$1,3 \cdot 10^{-2}$	$1,3 \cdot 10^{-2}$	$1,3 \cdot 10^{-2}$
110	$1,6 \cdot 10^{-2}$	$1,8 \cdot 10^{-2}$	$2,0 \cdot 10^{-2}$	$2,2 \cdot 10^{-2}$	$2,5 \cdot 10^{-2}$	$2,8 \cdot 10^{-2}$	$3,2 \cdot 10^{-2}$	$3,5 \cdot 10^{-2}$	$4,0 \cdot 10^{-2}$	$4,5 \cdot 10^{-2}$
120	$5,0 \cdot 10^{-2}$	$5,6 \cdot 10^{-2}$	$6,3 \cdot 10^{-2}$	$7,1 \cdot 10^{-2}$	$7,9 \cdot 10^{-2}$	$8,9 \cdot 10^{-2}$	$1,0 \cdot 10^{-1}$	$1,1 \cdot 10^{-1}$	$1,3 \cdot 10^{-1}$	$1,4 \cdot 10^{-1}$
130	$1,6 \cdot 10^{-1}$	$1,8 \cdot 10^{-1}$	$2,0 \cdot 10^{-1}$	$2,2 \cdot 10^{-1}$	$2,5 \cdot 10^{-1}$	$2,8 \cdot 10^{-1}$	$3,2 \cdot 10^{-1}$	$3,5 \cdot 10^{-1}$	$4,0 \cdot 10^{-1}$	$4,5 \cdot 10^{-1}$
140	$5,0 \cdot 10^{-1}$	$5,6 \cdot 10^{-1}$	$6,3 \cdot 10^{-1}$	$7,0 \cdot 10^{-1}$	$7,9 \cdot 10^{-1}$	$8,9 \cdot 10^{-1}$	$1,0$	$1,1$	$1,3$	$1,4$

РОЗСЛІДУВАННЯ НЕЩАСНИХ ВИПАДКІВ НА ВИРОБНИЦТВІ. АНАЛІЗ СИТУАЦІЇ З ВИКОРИСТАННЯМ РОЗІГРУВАННЯ РОЛЕЙ

Мета роботи — набуття практичних навичок розслідування і профілактики випадків виробничого травматизму.

Роботу виконують у формі ігрового заняття, на якому у студентів формуються і закріплюються знання обов'язків і послідовності дій посадових осіб у разі нещасних випадків, а також умінь класифікувати такі випадки, оформляти відповідну документацію за розслідуванням, виявляти їх причини, розробляти заходи попередження виробничого травматизму.

15.1. Учасники заняття та їхні функції

15.1.1. В ігровому занятті беруть участь студенти однієї академічної групи (не більше 25 осіб), які прослухали лекцію про правові та організаційні основи охорони праці і вивчили «Порядок розслідування та ведення обліку нещасних випадків, професійних захворювань і аварій на виробництві» (далі — Порядок), а також надано методичні вказівки.

15.1.2. На занятті студенти ознайомлюються з виробничою ситуацією і, аналізуючи її, виступають у ролях роботодавця, начальника (фахівця) служби охорони праці, керівника структурного підрозділу (начальника цеху, завідувача лабораторії), представника профспілкового комітету, керівника робіт на місці, де стався нещасний випадок (майстра, бригадира тощо), свідків, потерпілого та інших. Наприклад, у разі настання нещасного випадку з можливою інвалідністю, до складу комісії з розслідування включається також представник відповідного робочого органу виконавчої дирекції Фонду соціального страхування від нещасних випадків на виробництві.

15.1.3. Перед заняттям академічну групу ділять на ігрові команди (бригади) по три-чотири студента. Склад команд формують за бажанням учасників. Ролі в команді не розподіляють, але з одержанням ігрових завдань це можна робити залежно від зміни ситуації.

15.1.4. Функції учасників заняття.

(Роботодавець) **Перший керівник:**

- забезпечує правильне і своєчасне розслідування та облік нещасних випадків, професійних захворювань і отруєнь, аварій, пожеж на виробництві згідно з чинним Порядком та нормативно-технічною документацією;

- бере участь у розслідуванні групових і нещасних випадків, у розробці заходів їх запобігання, направляє матеріали розслідування

у відповідні органи, організовує і здійснює контроль за виконанням ухвалених планів;

- розглядає і затверджує акти про нещасні випадки за формою Н-5, формою Н-1 (або формою НПВ, за формою П-5 і передає їх за призначенням згідно з чинним Порядком.

- забезпечує додержання «Порядку розслідування та ведення обліку нещасних випадків на виробництві».

Начальник (фахівець) служби з охорони праці:

- контролює стан охорони праці в структурних підрозділах підприємства;

- бере участь у розслідуванні нещасних випадків, що мали місце на виробництві, на правах голови комісії;

- аналізує стан і причини виробничого травматизму й професійних захворювань, складає разом з відповідними службами заходи запобігання нещасним випадкам, організує їх виконання;

- здійснює контроль за додержанням «Порядку розслідування та ведення обліку нещасних випадків на виробництві».

Керівник структурного підрозділу:

- забезпечує виробничі процеси і роботи згідно з проектами, вимогами правил та інструкцій і норм безпеки;

- організує зберігання, транспортування, застосування і знешкодження отруйних, їдких, вибухо- і пожежонебезпечних речовин відповідно до правил і норм безпеки, стежить за передбаченим технічною документацією веденням технологічних процесів;

- забезпечує справний стан і правильну експлуатацію будівель і споруд, виробничого устаткування в цеху, вантажопідйомних і транспортних засобів, знімних вантажозахватних пристосувань, захисних і блокувальних пристроїв, робочих місць, проїздів, проходів, санітарно-побутових приміщень тощо;

- повідомляє керівнику підприємства і профспілковому комітету про нещасний випадок у цеху;

- разом з членами комісії розслідує нещасний випадок, встановлює його причини, розробляє заходи для попередження аналогічних випадків, складає акти за формою Н-5, Н-1(або НПВ), карту за формою П-5;

- забезпечує виконання передбачених в актах заходів (у визначені терміни) та інформує службу охорони праці;

- після закінчення тимчасової непрацездатності постраждалого повідомляє про наслідки нещасного випадку;

- повідомляє майстрам про нещасні випадки, що мали місце в цеху та в інших підрозділах підприємства (з одержанням відповідної інформації); щоб запобігти травматизму з аналогічних причин, організовує перевірку об'єктів і робочих місць.

Керівник робіт (майстер):

- забезпечує організацію робіт, експлуатацію устаткування і механізмів, утримання робочих місць відповідно до вимог стандартів ССБП, ДСТУ, правил і норм охорони праці;

- контролює дотримання підлеглими правил, норм, інструкцій з охорони праці, вимог технологічних процесів, правильне використання засобів індивідуального захисту;

- стежить за справним станом і правильною експлуатацією устаткування, інструментів, виробничого інвентарю, огорожі, запобіжних та інших технічних пристроїв безпеки, за безперебійною роботою вентиляційних установок і систем, нормальним освітленням робочих місць, правильним використанням спецодягу, засобів індивідуального захисту;

- повідомляє негайно керівництву структурного підрозділу (в разі потреби — одному з керівників підприємства) і в профспілковий комітет про нещасний випадок, організовує надання першої допомоги потерпілому і відправляє його в медичну установу, вживає заходів, щоб стан робочого місця та устаткування були такими, як у момент події (коли це не загрожує життю і здоров'ю присутніх і не може спричинити аварії);

- бере участь у розробці заходів для запобігання нещасним випадкам, реалізує передбачені в акті заходи у визначені строки, інформує керівника структурного підрозділу про їх виконання.

Представник профспілкового комітету (громадський інспектор з охорони праці) або уповноважений трудового колективу (за відсутності профспілки на підприємстві):

- контролює роботу адміністрації підприємства щодо виконання заходів для створення безпечних і здорових умов праці, своєчасного і якісного навчання безпечним прийомам і методам обслуговування устаткування, використання за призначенням санітарно-побутових приміщень, додержання трудового законодавства в питанні своєчасного забезпечення робітників спецодягом, спецвзуттям, засобами індивідуального захисту, запобіжними пристосуваннями, вчасного і якісного оформлення документації про нещасні випадки на підприємстві;

- подає свої висновки і бере участь у розслідуванні та аналізі нещасних випадків, пов'язаних з виробництвом.

Робітник:

- перед початком роботи оглядає робоче місце, перевіряє справність механізмів, інструменту, вентиляції та освітлення, захисних пристосувань і, виявивши порушення, інформує про це безпосередньо керівника для вжиття заходів;

- розпочинає роботу, якщо умови її виконання не суперечать інструкції з охорони праці чи іншому документу, що регламентує безпечну діяльність;

- виконує доручене завдання, дотримуючись вимог інструкції з охорони праці для цього технологічного процесу;

- працює в справному спецвзутті і спецодязі, використовує відповідні засоби індивідуального захисту і запобіжні пристосування;

- повідомляє негайно про всі порушення, виявлені в процесі роботи, безпосередньо керівнику;

- негайно звертається в медпункт, одержавши виробничу травму, і повідомляє про це майстру, а в разі його відсутності — бригадирові або товаришеві по роботі.

15.2. Класифікація, загальні положення щодо порядку розслідування нещасних випадків на виробництві

15.2.1. Нещасним випадком називають випадкову подію, яка призводить до раптового ушкодження здоров'я людини чи порушення функціонування людського організму внаслідок дії небезпечного фактора (зовнішньої механічної, електричної або іншої раптової дії) або небезпечної власної поведінки.

15.2.2. За тяжкістю наслідків нещасні випадки поділяють на дрібні (без втрати працездатності), легкі (з втратою працездатності від одного до трьох днів), тривалі (з втратою працездатності від чотирьох днів до чотирьох місяців), тяжкі (що спричинили до повної або часткової інвалідності), смертельні (зі смертельним наслідком) і групові (що сталися з двома і більше працівниками незалежно від ступеня тяжкості ушкодження їх здоров'я).

15.2.3. Кожний нещасний випадок, а також будь-які порушення вимог безпеки праці, які могли б призвести до нещасних випадків або аварій, мають бути ретельно розслідувані, виявлені причини і винуватці їх виникнення, та вжито заходів для попередження повторення подібних нещасних випадків. Повідомлення про нещасні випадки, професійні захворювання й аварії, їхнє розслідування та облік мають здійснюватися згідно з «Порядком розслідування та ведення обліку нещасних випадків, професійних захворювань і аварій на виробництві», затвердженим постановою КМУ від 25.08.2004р. № 1112.

15.2.4. Відповідність за правильне і своєчасне розслідування та облік нещасних випадків, оформлення актів форми Н-1, Н-5, НВП, розроблення і реалізацію заходів з усунення причин нещасного випадку несе керівник підприємства (роботодавець).

15.2.5. Відповідальність за нещасні випадки і професійні захворювання несуть керівники і посадові особи підприємства, які не забезпечили виконання вимог безпеки і виробничої санітарії і не вжили належних заходів для попередження нещасних випадків, а також працівники, які безпосередньо порушили вимоги правил або інструкцій з охорони праці.

15.2.6. Розслідування нещасних випадків проводиться у разі раптового погіршення стану здоров'я працівника, одержання ним поранення, травм, що призвели до втрати працівником працездатності на один робочий день чи більше або необхідності переведення його на іншу роботу не менш як на один робочий день, а також у разі смерті працівника на підприємстві.

Таким чином, розслідуванню підлягають усі випадки легкого, тривалого, з тяжкими і смертельними наслідками, а також групового травматизму.

Нещасні випадки зі смертельними і тяжкими наслідками (у тому числі з можливою інвалідністю потерпілого), випадки смерті праців-

ників на підприємстві, зникнення працівників під час виконання трудових (посадових) обов'язків, а також групові нещасні випадки підлягають спеціальному розслідуванню.

Нещасний випадок, що стався з працівником на території підприємства або в іншому місці роботи під час регламентованої перерви, а також під час перебування працівника на території підприємства у зв'язку з проведенням виробничої наради, одержанням заробітної платні, проходженням обов'язкового медичного огляду або проведенням з дозволу чи з ініціативи роботодавця професійних та кваліфікованих конкурсів і тренувальних занять, розслідується та береться на облік згідно з вимогами Порядку.

Проведення розслідування та ведення нещасних випадків, що сталися з працівниками під час прямування на роботу чи з роботи пішки, на громадському, власному або іншому транспортному засобі, що не належить підприємству і не використовувався в інтересах підприємства, здійснюється згідно з «Порядком розслідування та обліку нещасних випадків невиробничого характеру», затвердженим постановою КМУ від 22.03.2001 р. № 270.

Нещасний випадок, про який не було своєчасно повідомлено безпосередньо керівника або роботодавця потерпілого або внаслідок якого втрата працездатності настала не одразу, розслідується і береться на облік згідно з Порядком протягом місяця після надходження заяви потерпілого чи особи, яка представляє його інтереси (незалежно від стану, коли він стався).

15.2.7. За результатами розслідування нещасні випадки на виробництві залежно від обставин та умов, за яких вони сталися, визнаються пов'язаними з виробництвом або не пов'язаними з виробництвом.

15.2.8. Пов'язаними з виробництвом визнаються нещасні випадки, що сталися з працівниками під час виконання трудових обов'язків або завдань роботодавця, дій в інтересах підприємства, проїзду на роботу чи з роботи на транспортному засобі, що належить підприємству, або на іншому транспортному засобі, наданому роботодавцем.

Повний докладний перелік обставин, за яких нещасний випадок вважається пов'язаним з виробництвом, наведено у п. 14—18 Порядку (див. додаток 15А). У додатку 15Є наведено перелік обставин, за яких настає страховий нещасний випадок.

Нещасні випадки, що сталися внаслідок раптового погіршення стану здоров'я працівника під час виконання ним трудових (посадових) обов'язків визнаються пов'язаними з виробництвом за умови, що погіршення стану здоров'я працівника сталося внаслідок впливу небезпечних чи шкідливих виробничих фактів.

15.2.9. Не визнаються пов'язаними з виробництвом, тобто вважаються такими, що не пов'язані з виробництвом нещасні випадки, які сталися з працівниками: за місцем постійного проживання на території польових і вахтових селищ:

- під час використання ними в особистих цілях транспортних засобів, машин, механізмів, устаткування, інструментів, що належать

або використовуються підприємством (крім випадків, що сталися внаслідок їх несправності);

- унаслідок отруєння аналогом, наркотичними засобами, токсичними чи отруйними речовинами, а також унаслідок їх дії (асфіксія, інсульт, зупинка серця тощо), якщо це не пов'язане із застосуванням таких речовин у виробничих процесах чи порушенням вимог безпеки щодо їх зберігання і транспортування, або якщо потерпілий, який перебуває у стані алкогольного, токсичного чи наркотичного сп'яніння, до нещасного випадку був відсторонений від роботи;

- під час скоєння ними злочину;
- у разі смерті або самогубства.

15.2.10. Про нещасні випадки, які визнані пов'язаними із виробництвом, складають акт за формою Н-5 та акт за формою Н-1. У разі виявлення гострого професійного захворювання (отруєння), пов'язаного з виробництвом, крім акта форми Н-1 складають карту обліку професійних захворювань (отруєнь) за формою П-5 (додатки 15В, 15Г, 15Е).

15.2.11. Про нещасні випадки, які визнані не пов'язаними з виробництвом, крім акта за формою Н-5 складають акт за формою Н-1 (не пов'язаний з виробництвом) та у разі виявлення гостро професійного захворювання – карту обліку професійних захворювань (отруєнь) за формою П-5 (додаток 15Д).

15.2.12. Роботодавець зобов'язаний видати потерпілому або особі, яка представляє його інтереси, по одному примірнику актів форми Н-5, Н-1 (або Н-1) та карти обліку професійних захворювань П-5 (якщо таке виявлене) не пізніше трьох днів після закінчення розслідування нещасного випадку.

15.2.13. Примірник акта форми Н-5 разом з примірником акта форми Н-1 (або форми Н-1), карти П-5 – у разі виявлення гостро професійного захворювання, матеріалами розслідування підлягає зберігання на підприємстві протягом 45 років, у разі реорганізації підприємства – передаються правонаступникові, який бере на облік цей нещасний випадок, а у разі ліквідації підприємства – до державного архіву.

У робочому органі виконавчої дирекції Фонду примірник акта форми Н-5 разом із примірником акта форми Н-1 (або форми Н-1), карти форми П-5 – у разі виявлення гострого професійного захворювання підлягає зберіганню протягом 45 років.

15.3. Зміст і процес заняття.

Методичні рекомендації

15.3.1. Заняття проводять у сім етапів (рис. 15.1).

15.3.2 На першому етапі викладач роз'яснює мету, зміст і регламент заняття, забезпечує учасників потрібними довідковими та інструктивними матеріалами. Студенти ознайомлюються з «Порядком розслідування та ведення обліку нещасних випадків, професій-

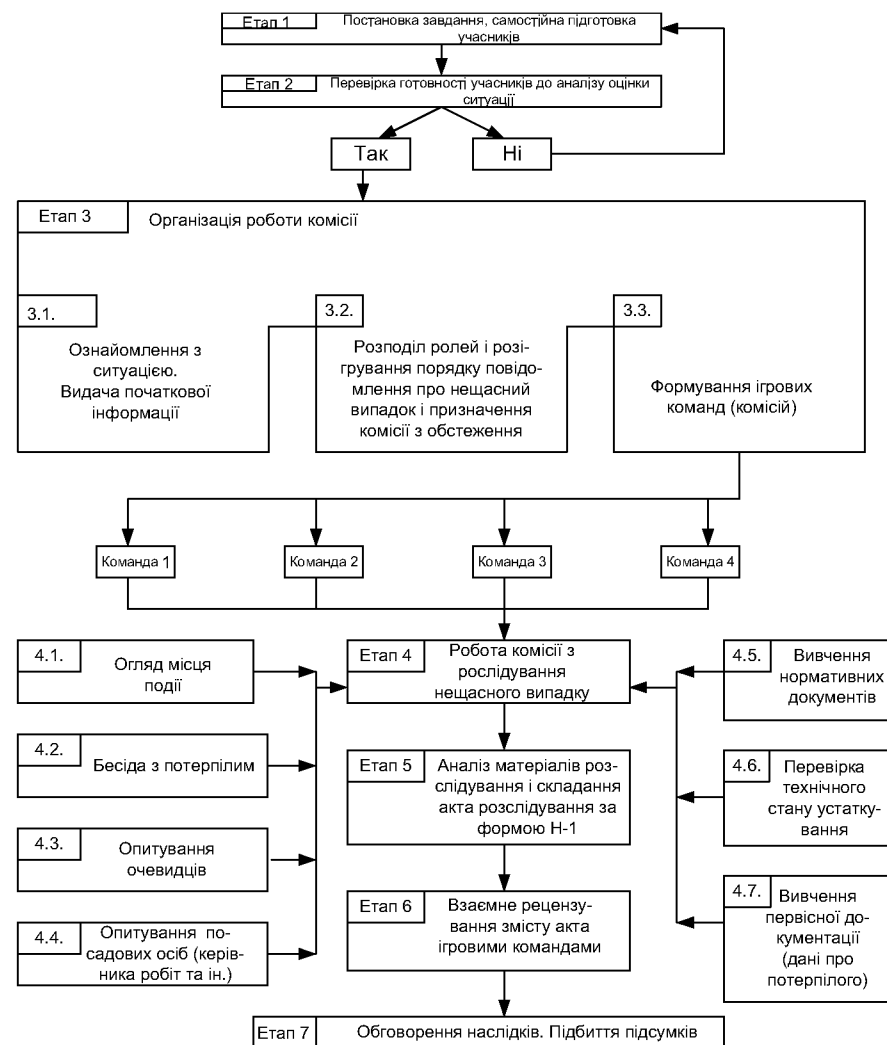


Рис. 15.1. Схема проведення заняття «Розслідування нещасного випадку»

них захворювань і аварій на виробництві» (п. 1—39, 40—53), з функціональними обов'язками посадових осіб у разі нещасних випадків (див. п. 15.1.4, 15.2, додаток 15А).

15.3.3 На другому етапі всі гравці беруть участь у колективному обговоренні основних рекомендацій і вказівок загального Порядку.

Готовність до обговорення учасники гри можуть перевірити, визначивши такі поняття:

- нещасні випадки на виробництві — пов'язані з виробництвом, не пов'язані з виробництвом;

- нещасні випадки, що потребують спеціального розслідування;
- склад комісії під час розслідування нещасних випадків залежно від їхніх наслідків і кількості потерпілих;
- документи, що їх оформляють під час звичайного і спеціального розслідування нещасних випадків на виробництві;
- функціональні обов'язки посадових осіб (майстра, начальника цеху, головного інженера тощо) в разі нещасних випадків;
- відповідальність за своєчасність і правильність розслідування нещасних випадків;
- порядок узгодження розбіжностей між адміністрацією і потерпілими.

15.3.4. На третьому етапі після роз'яснення ситуації учасники, виступаючи в ролях посадових осіб, які зобов'язані взяти участь у розслідуванні, розігрують порядок повідомлення про нещасний випадок і формування комісії з розслідування. Вони конкретизують порядок повідомлення, склад і терміни роботи комісії під час звичайного і спеціального розслідувань, схему розсилки матеріалів розслідування в обох випадках.

15.3.5. На четвертому етапі кожна ігрова команда (бригада) виступає в ролі комісії з розслідування.

Від ретельності розслідування залежить правильність визначення причин, вірогідність їх аналізу та ефективність профілактичних заходів. Причини мають впливати з обставин нещасного випадку, а профілактичні заходи слід пов'язувати з причинами.

Роботу комісії, що з'ясує обставини і причини нещасного випадку, показано на рис. 15.1, поз. 4.1—4.7 (нумерація позицій відповідає потрібній послідовності дій комісії). Огляд місця події (поз. 4.1) передбачає перевірку стану робочого місця, устаткування, транспортних засобів, проходів, наявності і стану засобів індивідуального захисту, матеріалів, інструментів, пристосувань, що їх застосовував потерпілий; стану огорожувальних механізмів і запобіжних пристроїв, наявність попереджувальних плакатів, знаків безпеки, сигнальних кольорів та інших позначень небезпечних місць.

Бесіди з потерпілими (поз. 4.2), свідками (поз. 4.3) нещасного випадку, адміністративно-технічними працівниками підрозділу (майстром, начальником цеху тощо) (поз. 4.4) та іншими особами, які якимось стосуються події, мають бути спрямовані на з'ясування того, хто і яке завдання дав, яку операцію і як виконував потерпілий, які (на думку опитуваних) вимоги охорони праці було порушено і ким, що є причиною нещасного випадку, чи повідомляв хтось адміністрації цеху про небезпечність роботи на тому або іншому устаткуванні тощо. Для визначення об'єктивності свідчень пояснення опитаних осіб зіставляють.

Під час вивчення документів, що стосуються події, зокрема нормативного характеру (технічні та технологічні документи, стандарти підприємств, державні стандарти, правила і норми безпеки та ін.) (поз. 4.5), а також таких, що констатують фактичний стан об'єктів, стан організації робіт (акти про випробування, огляд устаткування, перевірку технічного стану механізмів, дані з трудової книжки, особистої

картки потерпілого тощо) (поз. 4.6—4.7), перевіряють стан устаткування та умов праці за стандартами, правилами, нормами безпеки.

15.3.6 На п'ятому етапі після аналізу зібраних відомостей, з'ясування обставин і причин нещасного випадку, якщо він спричинив втрату працездатності не менше, ніж на один робочий день, або зумовив переведення потерпілого на іншу роботу терміном не менше одного робочого дня, комісія складає акт про нещасний випадок за формою Н-5, Н-1 (або НПВ).

Заповнюючи відповідні пункти акта, треба керуватися поясненнями, які додаються до Положення. Наприклад, при заповненні п. 7 акта важливим є чітке визначення основної причини нещасного випадку, яка зазначається в акті першою.

Головна складність — це однозначне визначення основної причини нещасного випадку, оскільки на практиці виникнення небезпечної ситуації, що може призвести до нещасного випадку, пов'язане з одночасною (або послідовною) дією кількох, часто випадкових причин. Через це повноцінний аналіз причин травматизму можна зробити лише на основі системного підходу, який має включати такі стадії:

1) з'ясування всіх причин нещасного випадку (як тих, що безпосередньо спричинили травму, так і тих, які зумовили цю безпосередню причину);

2) установлення взаємозв'язку причин, що призвели до нещасного випадку;

3) визначення основної причини, що є наслідком травмування потерпілого.

Здебільшого виділяють два види причин виробничого травматизму — організаційні і технічні. Перші — це неправильна, небезпечна для працівника організація праці; другі — недоліки в стані та експлуатації техніки і технології. Треба також враховувати й психофізіологічні причини, зокрема об'єктивні, пов'язані з умовами виробництва (важка, напружена робота), і суб'єктивні, які визначаються якість особистості працівника (відповідність психофізіологічних можливостей людини, індивідуальних особливостей її організму характеру виконуваної роботи — антропометричні дані; швидкість і точність реакції, стійкість уваги; особисті якості — об'єктивність, зацікавленість, обережність чи нехтування безпекою тощо; професійна підготовленість, стан здоров'я та ін.). Останні значним чином визначають поведінку людини у сфері виробництва і часом порушують добре відомі робітничі правила безпеки. Наприклад, молоді робітники нехтують безпекою частіше, ніж особи похилого віку, а довідчені — через те, що звикають до неї.

З'ясовуючи причинно-наслідкові зв'язки між факторами та обставинами, що впливають на безпечність, у складних випадках доцільно будувати логічне дерево (граф) безпеки. Приклади такої побудови зображені на рис. 15.2—15.5 (додаток 15Ж).

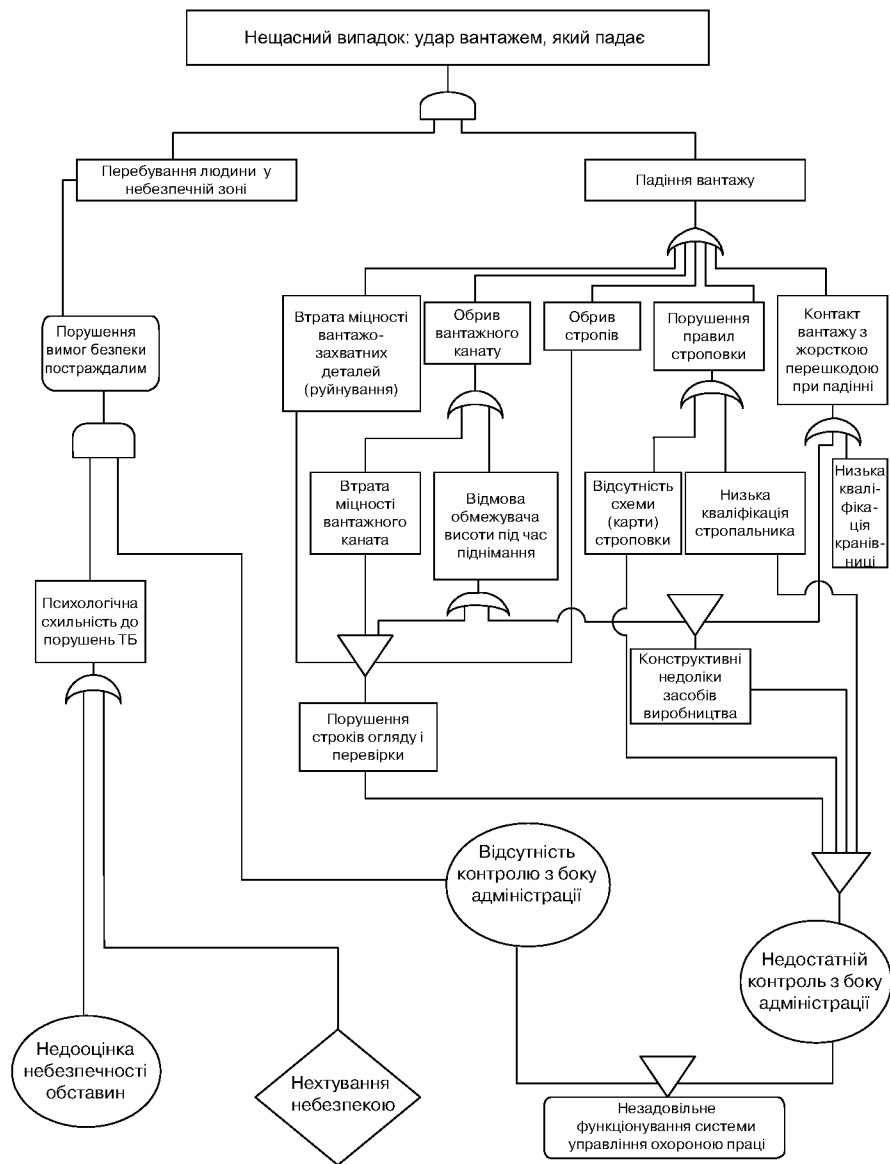


Рис. 15.2. Логічне дерево виникнення небезпеки удару робітника вантажем, який падає біля вантагопідйомного крана

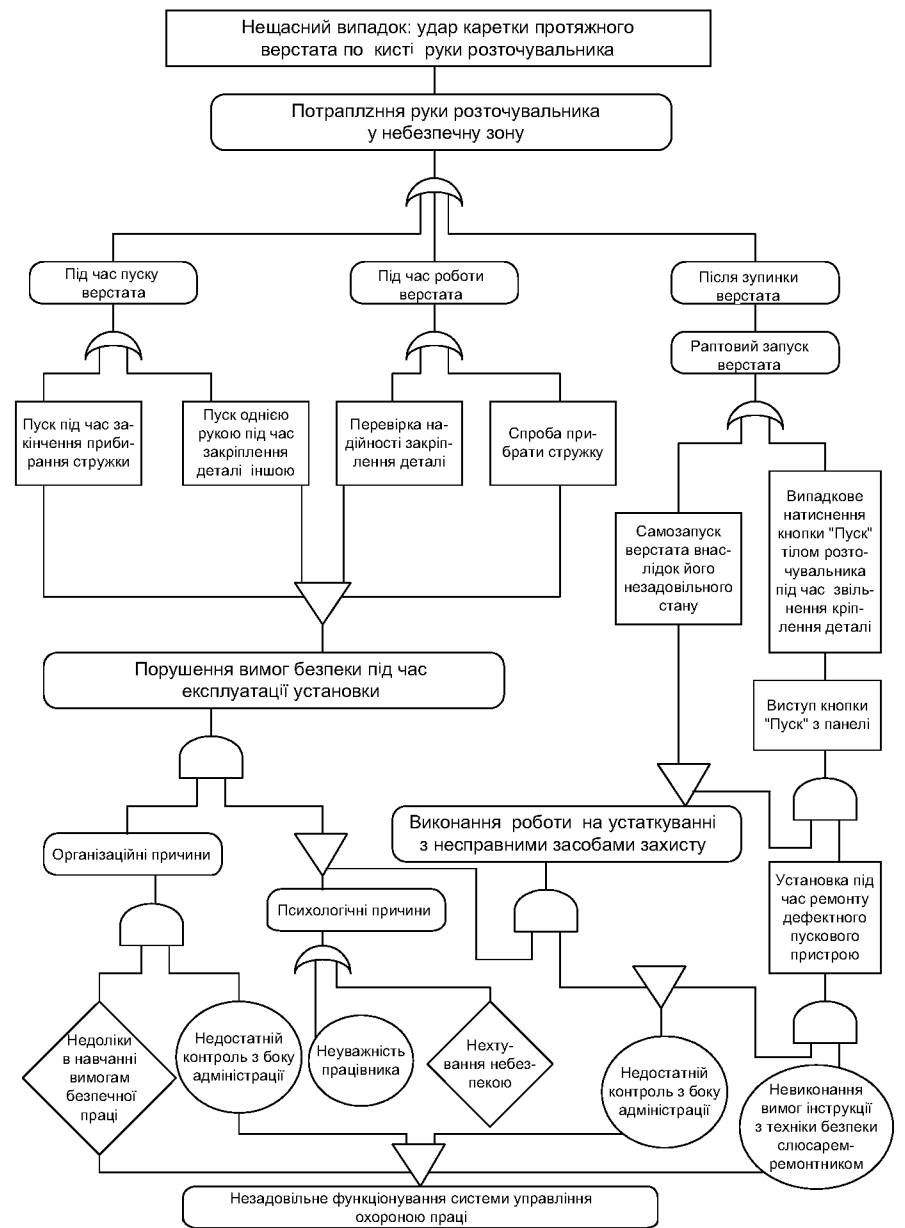


Рис. 15.3. Логічне дерево виникнення небезпеки удару кареткою протяжного верстата по кисті руки робітника