

$f_{\text{ср}}/\Delta t$	$\nu, \text{м/с}$	$f_{\text{ср}}/\Delta t$	$\nu, \text{м/с}$	$f_{\text{ср}}/\Delta t$	$\nu, \text{м/с}$
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 спеодягу;
 - ◆ 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-Больцманна за такими формулами [5]:

$$\text{при } \frac{l}{F} \geq 1$$

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

$$\text{при } \frac{l}{R} < 1$$

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

де F — площа поверхні, що випромінює, m^2 ; T — температура поверхні, що випромінює, K ; L — відстань від центра поверхні, що випромінює, до опромінюваного об'єкта, m ; 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

Інтенси́вність теплового випромінювання 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:

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

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. Однак настання теплового удару є запаморочення, невпевнена хода, зміна зорового сприйняття тощо.

Інтенси́вне 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 помещкання підвищується, що також погіршує умови роботи.

Інтенси́вність теплового опромінення працівників від нагрітих поверхонь технологічного устаткування, освітлювальних приладів, інсоляції на постільних і неопостільних 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]. Інтенси́вність 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 теплої застосовують такі засоби [3; 4]:

- теплоізоляцію гарячих поверхонь (температура на поверхні теплоізоляції не повинна перевищувати 45 °С);
- охолодження теплових 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 виробництва 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.

Оптимальні параметри мікрокліматів [1]

Таблиця 7.2

Період року	Інтенси́вність фізичної праці	Інтенси́вність теплоопромінення E , Вт/м ²					
		350 — 700	700 — 1400	1400 — 2100			
Теплий, навколони́на	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, навколони́на	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 конструкторії Санкт-Петербурзького Інституту літєри праці, що має широкий діапазон вимірів, поргаливий, малоінертний (рис. 7.1). На рис. 7.1 показані: 1 — ручка; 2 — корпус; 3 — шкала показань; 4 — кришка; 5 — чутливий термoeлемент.

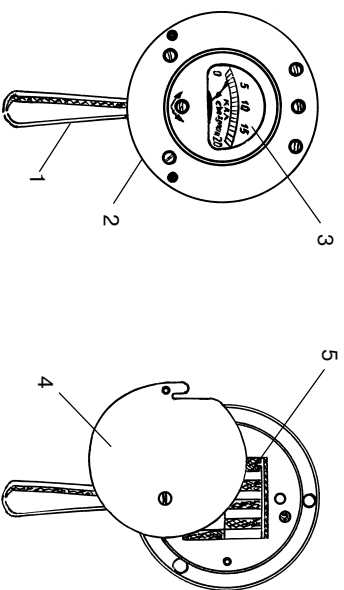


Рис. 7.1. Будова актинометра

Будова актинометра ґрунтується на принципі термoeлектричного ефекту. Якщо в замкнутому електричному колі, що складається з двох різних металів, місця контактів мають різну температуру, то в колі виникає термoeлектричний струм, сила якого є пропорційною різниці температур на термoeлементі. У термометричному актинометрі використана так звана термопара — блок, до складу якого входять термoelementи, скомпоновані між собою. Елементи складаються з пластин білого і чорного кольорів.

При дії на такий елемент теплового випромінювання суцільні пластини набувають різної температури внаслідок поглинання променистого тепла чорним квадратиком і відбиття його білим. Різниця температур зумовлена в батареї термoeлектричним струмом, що вимірюється вмонтованим у прилад гальванометром, шкала якого проградуйована 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 струмінь гальванометра ставлять у нульове положення за допомогою коректора при закритому від радіації термометричному приладу. Потім відчиняють кришку приладу, й у вертикальному положенні спрямовують термометричний струмінь у бік джерела випромінювання. Відлік показань гальванометра роблять через 3 с на місці вимірювання, після чого термометричний струмінь закривають кришкою (актинометр не можна тривалий час тримати під опроміненням).

7.2. Порядок виконання роботи

7.2.1. Вимірювання інтенсивності теплових випромінювань і тітєнічна 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 гальванометри).

Температура всередині печі має бути не менше 500 °С.

Заміряти інтенсивність променистого тепла актинометром, установленим чутливим елементом навроги продовження осі джерела. Актинометр установити навроги 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

№ 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 максимумом 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 теплового випромінювання?
2. Як впливає на людину тепловипромінювання залежно від його інтенсивності?
3. Назвіть основні заходи охорони праці щодо захисту від теплового випромінювання 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.

Лабораторна робота 8

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. Вільність 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 ланеву 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 короткотривалістю 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 зміни, 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, сажка, мінеральні масла та ін.);
- сенсibiliзуючі — діють як алергени (формальдегід, різні розчинники, лаки на основі нітрополук та ін.);
- мутагенні — призводять до зміни спадкової інформації (свинець, марганець, радіоактивні ізотопи та ін.);

— такі, що впливають на репродуктивну (дітородну) функцію (груту), 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 впливу 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 потрапінні в шлунок, мг/кг	менше 15	15—150	151—5000	понад 5000
Середня смертельна доза при потрапінні 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 токсичності інгальційного отруєння (КМО)	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 регулярного контролю їх концентрації у повітрі виробничих приміщень.

Засоби і способи санітарно-хімічного аналізу повітря поділяють на три основні групи: лабораторні, експресні й автоматичні (осганні 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 концентрації шкідливих речовин у повітрі виробничих приміщень є простими та оперативними. Вони ґрунтуються на використанні спеціальних приладів — газоаналізаторів різних конструкцій. Найчастіше в практиці експресного аналізу використовуються індикаційний метод.

В основі індикаційних методів аналізу повітряного середовища лежать колориметричні реакції, які відбуваються на твердих носіях (папірцях, грудоцках крейди, порошоках тощо), прооченних індикаторними реактивами. 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 заданіми легідь виготовленими еталонними трубочками.

За лінійно-колористичним методом результати аналізу визначають за довжиною забарвленого стовпчика індикаторного порошока, 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 ґрунтуються принципи 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 штокками, до якого додається набір реактивів із приладам, до складу якого входять вимірювальні шкали (на кожен газ, що визначається), ампули з індикаторами і фільтрувальними порошоками та спецкомплект ЗІП для виготовлення індикаторних трубок і фільтрувальних патронів.

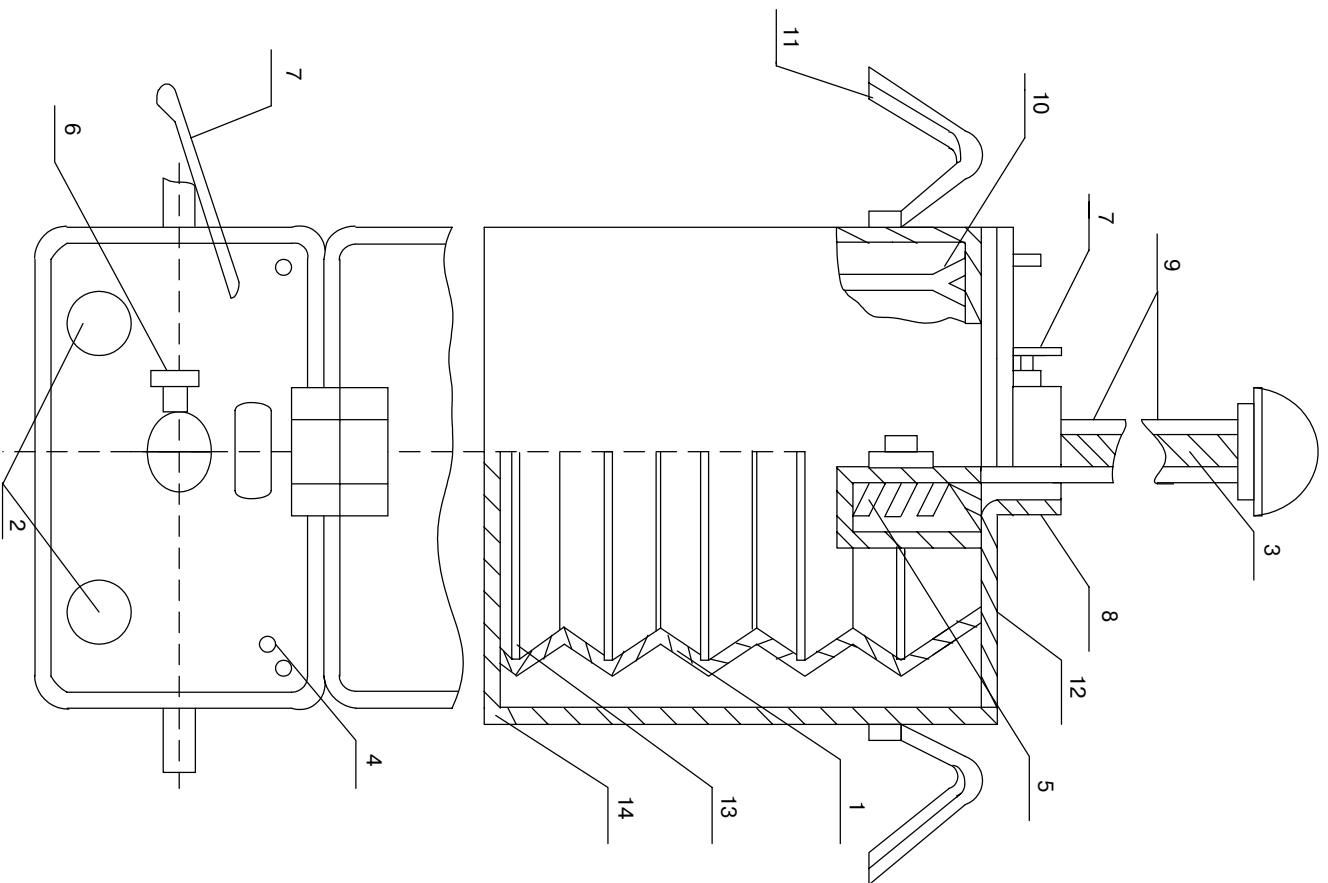


Рис. 8. 1. Повітроаналізаторний пристрій УГ-2

Повітроаналізаторний пристрій (рис. 8.1) складається з металевого корпусу 14, у середині якого є гумовий сиффон 1 з двома фланцями і стаканом. У стакані розміщена стиснута пружина 5, яка утримує сиффон у розтягнутому стані. У внутрішніх гофрах сиффона встановлені розпірні кільця 13 для надання сиффону жорсткості та збереження постійного об'єму. На верхній плиті 12 закріплений штупер 10, нижній кінець якого з'єднаний за допомогою гумової трубки 11 з внутрішньою порожниною сиффона. На верхній кінець штупера надіта відвідна гума трубка 6, до якої приєднується індикаторна трубка. В отвір 4 на плиті укладається шток для зберігання (штоки позначені цифрою 2). Повітря, яке досліджується, просмоктується через індикаторну трубку після задалегідь стиснутого сиффона. Стиснуть сиффон натисканням рукою на головку штока 3, розміщеного у втулці 8, що направляє його.

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

Об'єм повітря, що просмоктується сиффоном 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 піжків з мідного емальованого дроту діаметром 0,27—0,28 мм. Для попередження вдавлювання дротових піжків 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 сурлучу.

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 гайками з гіроскопічної вати.

Аналіз повітря слід проводити в такому порядку. Перед тим як розпочати аналіз, необхідно задалегідь приготувати індикаторні трубки і фільтрувальні патрони.

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

Дані, необхідні для виконання аналізу, наведені в додатках 8А, 8В. 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 просмоктувати для аналі-

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

Не допускаючи стискання сильфона при натиснутій або переміщеній гумовій трубіці. При приєднанні індикаторній трубіці повітря із сильфона має виходити вільно.

2. За допомогою шкрявка приборати з кінця індикаторної трубки захисні суртучні ковпачки, трубку при цьому необхідно тримати ковпачком униз, щоб запобігти їй засміченню шматочками суртучу. Ступаючи штирком по стінці трубки, перевірити ущільнення індикаторного порошку; якщо при цьому між стовпчиком порошку і штирком утвориться просвіт, то видавити його натисканням штирка на паз.

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 завважають визначенню речовини, що аналізується.

4. Приєднати до вільного кінця фільтрувального патрона (або індикаторної трубки — за відсутності патрона) відвідну гумову трубку від дреселя 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 заціплення штока не вкладається у визначений час, то це свідчить про неправильну набивку індикаторної трубки і необхідно провести аналіз.

Якщо індикаторний порошок у трубіці 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 — максимум.

6. Стоточити початок забарвленого стовпця індикаторного порошку в трубіці 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 вилштування і правила користування газоаналізатором УТ-2.

2. Визначити концентрацію речовини, що міститься в повітрі, яке аналізується.

3. Скласти звіт і зробити висновки по роботі. У висновках показати, використовуючи додаток 8В:

— клас небезпечності речовини (див. табл. 8.1);

— характер її токсичної дії;

— засоби індивідуального захисту під час роботи з цєю 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. *Мурдєвєва С.И., Казнина 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. Жукков, М.И. Букковский. — М., 1983. — 47 с. (Обзорн. информ. / НИИ ГЭХИМ. Сер. «Техника безопасности»).
3. Метрологическое обеспечение безопасности труда: Справочник / Колл. авт. под. ред. И.Х. Сологана. — Т.2: Измеряемые параметры химических, биологических и психологических 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 концентрації, що визначаються, мг/м ³	Тривалість зашпінання, 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 МІТТЄВО	160	5 3	біле
Етиловий ефір	400	0—3000	405	435	10	зелене
Ацетилен	265 60	0—1400 0—6000	190	230	5 3	світло-коричневе
			МІТТЄВО			
Окис вуглецю	220 60	0—120 0—400	200	280	8	коричневе кильце
			МІТТЄВО			
Сірково-день	300 30	0—30 0—300	140	200	5 2	коричневе
			МІТТЄВО			
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
			МІТТЄВО			
Окиси азоту	325 150	0—50 0—200	260	330	7 5	червоне
			800	130		
Бензін	300 60	0—1000 0—5000	200	230	7 4	світло-коричневе
			МІТТЄВО			
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	300 300	0—2000	180	240	7 7	жовте
			200	230		
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 пиклопарафінів. 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 зволоженом 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 пропитий газ марки А. Для захисту шкіри рук використовують пасти типу «біологічні рукавички».

Бензол С₆H₆

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, по-дібне 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 адренорметичні препарати протипоказані. Гранично допустима концентрація парів бензолу — 5 мг/м³. Клас небезпечності — 3. Індивідуальний захист: фільтруювальний пропитий газ марки А. Для захисту шкіри рук використовуються мазі «Ялот», ХІОТ, «Мазь Селіського».

Толуол С₆H₅СН₃

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, розладнан- на 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 небезпеч- ності — 4.

Індивідуальний захист: подійний до захисту від бензолу.

Ксиолол C₆H₆(C₆H₅)₂

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

При концентрації 0,87 мг/л протягом 3—5 хвилин ксиолол викли- кає подразнення очей, носа, горла; при гострих отруєннях — запаморо- чення, серцебиття, сп'яніння, зачерпленість рук, ніг, озноб, задиш- ку, інюді 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 роз- лади, кон'юнктивіти, носові кровотечі, запальний стан носоглотки.

При дії рідкого ксиололу на шкіру можливе ураження шкірних по- кривів у вигляді екзема та інших зовнішніх захворювань.

Гранично допустима концентрація — 50 мг/м³. Клас небезпеч- ності — 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 виханні протягом трива- лого часу накопичується в органах; токсичний ефект залежить не- тільки від концентрації, а й від часу дії.

Невідкладна терапія: свіже повітря. При непритомності: вдихан- ня нашатирного спирту, міцний чай або кава, інгаляція киснем, ко- феїн з амідопірином.

Гранично допустима концентрація — 200 мг/м³. Клас небезпеч- ності — 4.

Індивідуальний захист: фільтрувальний протигаз марки А. При дуже високій концентрації: ізолювальні платові протигazi з при- мусовою подачею повітря.

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

Сірчистий ангідрид SO₂

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

гає в порушенні вуглеводного і білкового обміну, в пригніченні окис- ловальних процесів головного мозку, печінки, селезінки, м'язів, у подразненні кровоносних органів.

Одноразове вдихання дуже високих концентрацій призводить до запашки, 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 тісно- го 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 кришталика, рогів- ки, навіть її прорив і втрата ока, окриплість і повна втрата голосу, хронічний бронхіт, емфізема легень, кровохаркання, можлива акти- візація туберкульозного процесу.

При потрапленні на шкіру викликає сильний біль, почервоніння і при більш тривалій дії утворення пухирів. Потраплення в очі може призвести до повної сліпоти.

Невідкладна терапія: при потрапленні в очі негайно рясно проми- ти широко відкриті очі водою або 0,5—1% розчином галуну; шкіру змстити вазеліном або оливковою олією. При різких болях закапати в око 1—2 краплі 1% розчину новокайну або 1 краплю 0,5% розчину дикайну з адреналіном.

Гранично допустима концентрація — 20 мг/м³. Клас небезпеч- ності — 4.

При ураженні шкіри: обмивання чистою водою, накладення при- мочки з 5% розчину оцтової, лимонної, виннокам'яної або хлористо- водневої кислоти.

Індивідуальні засоби захисту та застережені заходи: захисні оку- лярні марки ПО-3 та ін.; рукавички з латексної гуми; спецодяг із цупкої тканини; протигаз КД, а при відсутності в повітрі органічних речовин використовують і протигаз марки М; герметизація всієї апа- ратури; міцера і загальнообомінна вентиляція.

ДОСЛІДЖЕННЯ ЗАПИЛЕНОСТІ ПОВІТРЯ

Мета роботи — вивчення методів дослідження виробничого пилу; засвоєння валового і лічильного методів визначення запиленості повітря; ознайомлення з вимрювальною апаратурою та експериментальне визначення вмісту пилу в повітрі, тіленічна 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 мікрометра, які здатні тривалий час перебувати в повітрі у звязаному стані.

Пил може бути в стані *аерозолі*, тобто який уже осів, і в стані *аерозолі*, тобто той, що перебуває у звязаному 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 подрібновання і руйнування матеріалів — основна причина утворення пилу в повітрі робочої зони при допом. бурінні, вибухівки і вантажко-розвантажувальних роботах, при механічній обробці виробів (шліфуванні, поліруванні) та ін. Аерозоль конденсації утворюється при термічних процесах сублімації твердих речовин (плавлення, електрозварюванні та ін.), охолодження та конденсації парів металів (плазмовому напильованні) і неметалів (пластмас). Інші 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, кістяковий, вовняний та ін.) і штучний (аерозолі пластмас, барвників, антибіотиків, торшонів, отрутохімікатів та ін.). Неорганічний пил може бути мінеральним (цементним, азбестовим тощо) і металевим (залізням, 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 бронхіали 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 запальний процес може перейти в хронічний з ураженням слизових оболонок глотки, горлани 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.);

◆ *металонокози* — з'являються від дії пилу металів (берилію, марганцю тощо).

Найважча форма пневмоконіозу — силікоз, при якому, поряд із розростанням фіброзної тканини вдовж бронхів, судин, альвеол та порушенням функції дихання, відзначається розвиток емфіземи, хронічного бронхіту, легеневого серця, ресструються 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'юнктивити, 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 фолікулітів. Вплив на шкіру виробничих алергенів (синтетичні клеї, капрон, пил міді, хрому, кобальту), пил грав, бавовни, льону, шр'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, електрозарядженості, радіоактивності) і *милевого 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). Матьок значення форма часток пилу (найнебезпечніша форма — голчаста) та їх електрозарядженість (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 адробції в крові вони стають джерелом внутрішнього опромінювання інших тканин.

Пилове навантаження залежить від ступеня запиленості повітря. Оже, для заповнення професійних огруень і захворювань вміст пилу в повітрі не повинен перевищувати гранично допустимих концентрацій (ГДК, мг/м³), запроваджені 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 сприяє 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: респираторами* (масками зі спеціальними протипиловими фільтрами), *кисневіоловальним приладям*, 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 поришок в одиниці об'єму повітря і їх форму.

Із метою розробки ефективних методів боротьби з пилом проводять тітєнічну оцінку пилу. Вона вклячає 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 (політає у вимірюванні зарядів часток пилу при розрахунку електричних імпульсів від заряджених часток, що надходять у датчик), радіаційний, оптичний (ґрунтуються на поглинанні або розсіяванні 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'єзоелектричний (вимірювання частоти коливань п'єзоелектричної пластини залежно від осадженого пилу) та ін.

Дисперсність пилу і форму пилинок устанавлюють *методом мікроскопії*.

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

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

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

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

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

- асиратора-822 (з витратою повітря 1,0—20,0 л/хв) або поргатавних асираторів (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 ± 10%.

Для непрямого вимірювання концентрації пилу використовуються:

- радіоізотопний пиломір ПРИЗ-2 з автотомним і мережним живленням (діапазон вимірювань становить 1—500 мг/м³ при тривалості вимірювань від 45 с до 4 хв, похибка вимірювань ± 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 пилгомір 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 використовуються 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 виляють 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 протягненні через нього певного об'єму заміреного повітря. Знаючи масу фільтра до і після відбору проби, можна визначити вміст пилу в одиниці об'єму повітря:

$$Q = \frac{P_1 - P_0}{V_0}, \quad (9.1)$$

де Q — вагова концентрація пилу, мг/м³; P_1 — маса фільтра після відбору проби, мг; P_0 — 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 °С 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, °С.

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

МРК пилу — концентрація пилу, що визначається за результативними 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:

$$ПН = СЗК \cdot t_{\text{дл}} \cdot V_{\text{длх.прод.}} \quad (9.3)$$

де *СЗК* — середньозмінна концентрація пилу, мг/м³; $t_{\text{дл}}$ — тривалість дії; $V_{\text{длх.прод.}}$ — об'єм дихання працівничого.

Недоліком вагового методу є те, що він не дає уявлення про якісну характеристику пилу, без якої неможлива повна оцінка загиленості. 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 загиленості повітря служать для визначення кількості поришок, що містяться в 1 см³ повітря.

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

Подібне дослідження може бути виконане за допомогою:

- *мікроскопів* — візуальне визначення числа і розмірів пилкових часток;

- *фотометричних лічильників* (АЗ-5), які реєструють кількість і розміри пилкових часток у повітряному потоці завдяки ефекту розсіювання світла;

- *седиментаторів*, які осаджують поришки 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. Додільно використовувати об'єктив 90° і окуляр 10°, причому це має бути січастий окуляр — мікрометр. Це кругле скло, на яке нанесена сітка зі 100 квадратиків із довжиною сторони 1 або 0,5 мм. Вигляд пилового препарата під мікро-

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

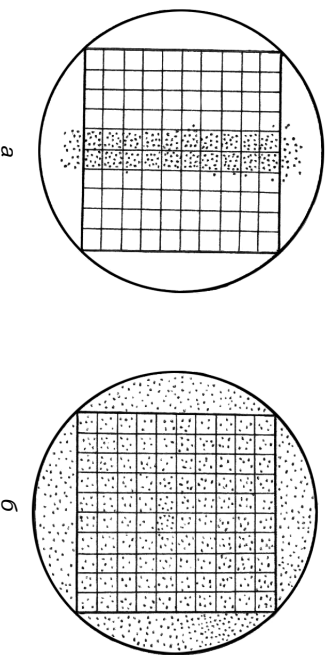


Рис. 9.1. Види пиллового препарата під мікроскопом

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

Довжина пиллової доріжки на покривному склі визначається розмірами сітки 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 пиллової доріжки на цю довжину, можна підрахувати, яка кількість таких квадратики розміститься на всій довжині пиллової доріжки. Так, при об'єктиві 90^x, окулярі 10^x і збільшенні 900^x сторона малого квадратика окулярної сітки дорівнює 9 мкм, а можлива кількість смуг у пиллової доріжки 10 000 становить: 9 = 1111,1.

Помноживши середню кількість порошнок в одній смужці на кількість таких смужок у пиллової доріжки, можна отримати загальну кількість порошнок препарату, а поділивши останню на об'єм протягнутого приладом повітря, отримаємо лічильний показник щільності повітря Π_c . У загальному випадку лічильний показник щільності повітря (часток в 1 см³)

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

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

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

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

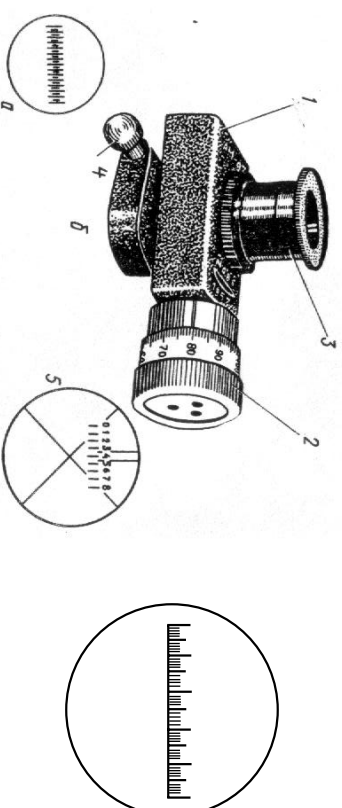


Рис. 9.2. Окулярний мікрометр (а) та об'єктивний мікрометр (б)

Окулярний мікрометр — це кругла скляна пластинка, в центрі якої вправлена 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 столику мікроскопа і фокусують при малому збільшенні. Зображення лінійки розміщують у центрі поля зору і тільки після цього мініють об'єктив на той, при якому будуть визначатися розміри порошнок. 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 нониуса, тобто сподувають одну з поділок шкали окулярного та об'єктивного мікрометрів і знаходять наступне їх сполучення. Визначивши, скільки поділок 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 щільності повітря складається з пиллової камери, дозатора пилу, алонжа з фільтром та аспірагора (рис. 9.3).

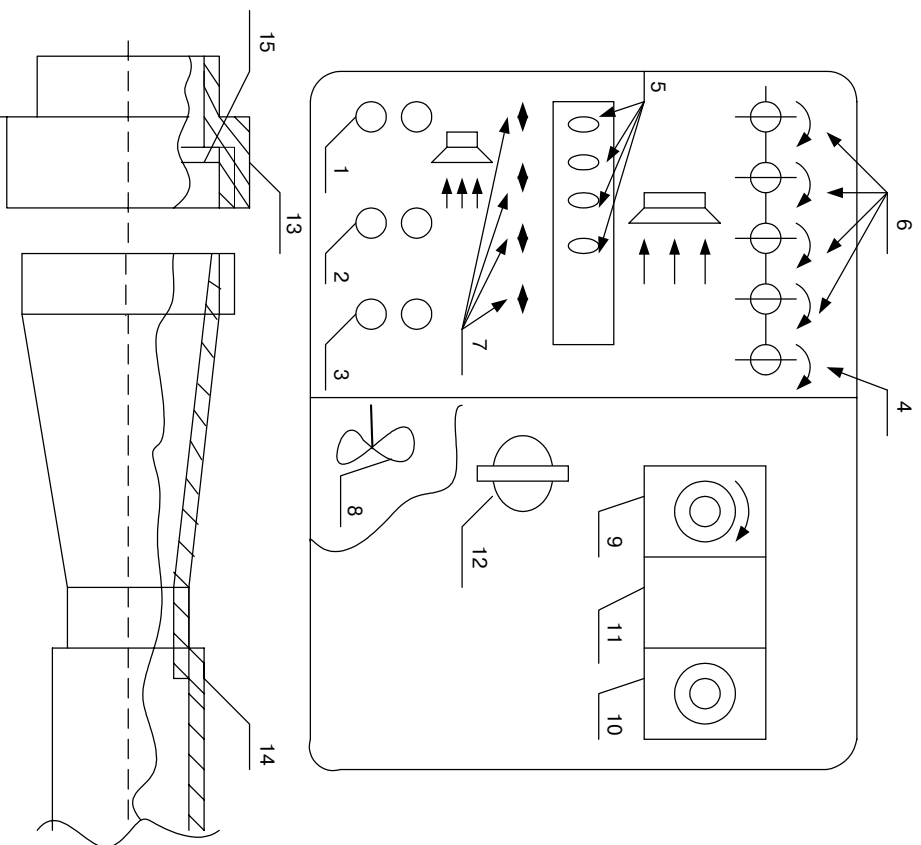


Рис. 9.3. Схема установки для визначення запиленості повітря ваговим методом: 1 — тумблер вмикання установки; 2 — тумблер вмикання аспіратора; 3 — тумблер вмикання вентилятора; 4 — запобіжний клапан; 5 — реометри; 6 — ручки регулюючих вентилів повітря (швидкість відбору проб); 7 — штуцери; 8 — вентилятор;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

У пилової камері штучно утворюється пилоповітряна суміш, яка імітує запилене середовище. Для цього з дозатора пилю 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 притискає.

Фільтр АФА — це шар рівномірно укладених ультратонких волокон із полімерів з обпресованими краями та захисних кілець із висіупами. 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 пилю СП-2 складається з касети, пиліндра і механізму для засмоктування повітря. Касета служить для осаджування пилю на предметне скло. За допомогою механізму просмоктування запилене повітря протягується через щільну в касеті, запишавачи пилову доріжку на предметному склі, яке заздалегідь змащують гліцерним балъзамом у ксилолі.

9.3. Порядок виконання роботи

1. Ознайомитися із загальними відомостями про виробничий пил, джерела та фактори, що визначають ступінь його шкідливості, з метою оцінки запиленості повітря (див. пп. 9.2—9.3).
2. Перевірити ступінь своєї готовності до виконання роботи, відповісти 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 штупера.
 - 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 притискає.
 - 5) Зняти заглушку 10 та вставити в пилову камеру алонж із фільтром.
 - 6) Гумову трубку, що йде від алонжа, приєднати до крайнього лівого штупера 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 штупера, забірний отвір заглушити.

**Гранично допустимі концентрації деяких аерозолів
(перерахуно фіброгенної дії) [11]**

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%	1
б) кремнію двоокис аморфний при вмісті його від 10% до 70%	2
Магнезит	10
Мідно-нікелева руда	4
Нефелін-концентрат	6
Пил рослинного і тваринного походження (борошняний, бавовняний, деревний)	6
Сажа промислова	2
Азбодцешент	6
Силоволокно	6
Цемент, агатит, 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 негоспичному пилі)	Від 500 до 1000
Середня запиленість	Від 1000 до 5000
Велика запиленість	Від 5000 до 20000

9.4. Звіт

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

- 10) Піднебом витягти фільтр з алонжа, скласти його осадом усередину і зважити на аналітичних терезах.
- 11) За відповідними приладами знати 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 результати 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 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 порохинок у п'яти різних смужках	Середня кількість порохинок із п'яти підрахунків	Об'єм протягнутого повітря, см ³	Можлива кількість смужок у пиловій дорожці	Шукана кількість порохинок в 1 см ³	Оцінка запиленості повітря (табл. 9.5)

Таблиця 9.3

Результати визначення дисперсності пилу і форми порохинок

Показники	Мікроскопічна		Видима	Характерна форма	Висновок про безпеку пилу
	до 2	2—5			
Кількість порохинок					
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 шкідливість 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. *Далин П.А.* Справочник по технике безопасности. 6-е изд., перераб. и доп. — М.: Энергоатомиздат, 1985. — 824 с.
3. Измерение концентрации аэрозолей преимущественно фиброгенного действия: Метод. указания №4436—87 / Минздрав СССР. — М., 1987.
4. Обоснование ПДК аэрозолей в рабочей зоне: Метод. рекомендация №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 — травітації і вітрового спонукання) чи механічною (з використанням вентиляторів). Залежно від напрямку руху потоку повітря вентиляція може бути припливною, витяжною або припливно-втяжною. За характером охолодження приміщення розрізняють місцеву і загальнообіємну 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 об'явлення і вимірювальні прилади

Схему лабораторної установки наведено на рис. 10.1.

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

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

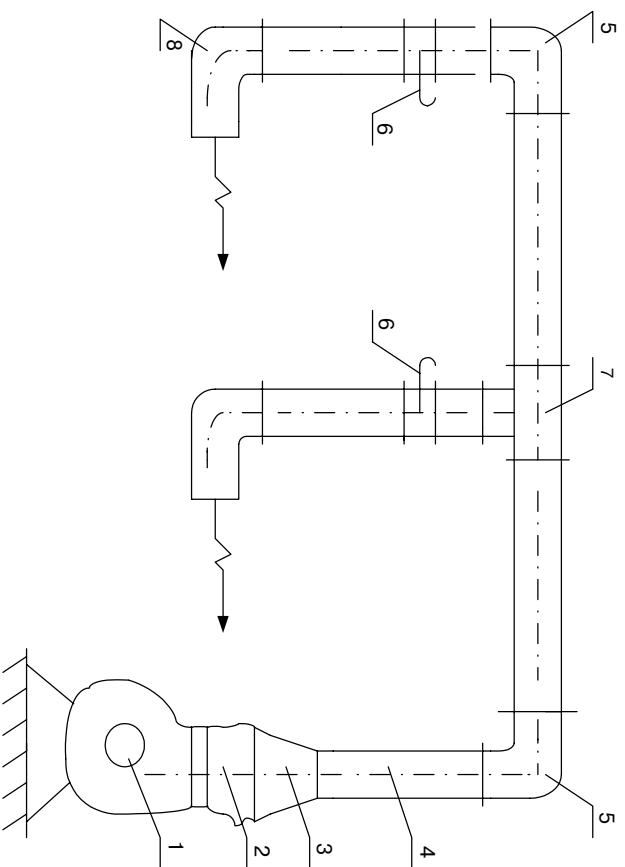


Рис. 10.1. Схема лабораторної установки:
1 — вентилятор відцентровий; 2 — гнучка вставка; 3 — конфузор; 4 — повітровід;
5 — коліно; 6 — шибер; 7 — трійник; 8 — насадка прилиплена

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

Враючи тиску в мережі $P_{\text{рм}}$ визначають за допомогою вимірювальних приладів — тягонапороміра 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 тягонапороміра (похилого одноколінного манометра) типу ТНЖ наведено на рис. 10.3.

Для правильності відліку тиску тягонапороміром 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.

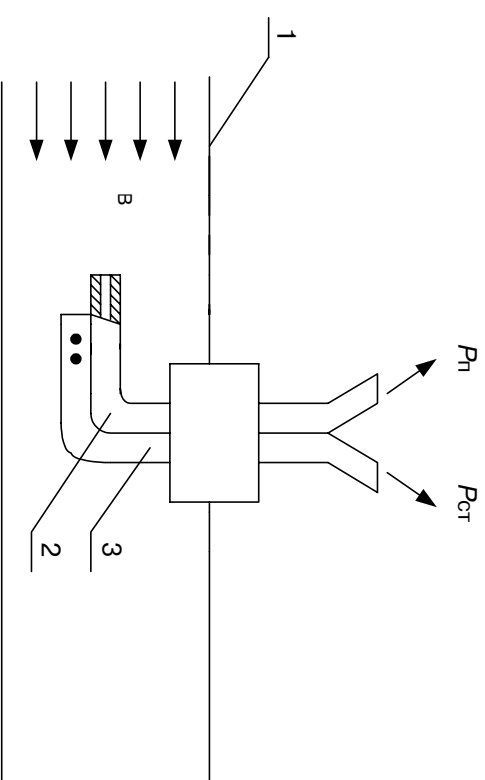


Рис. 10.2. Схема пневмометричної трубки

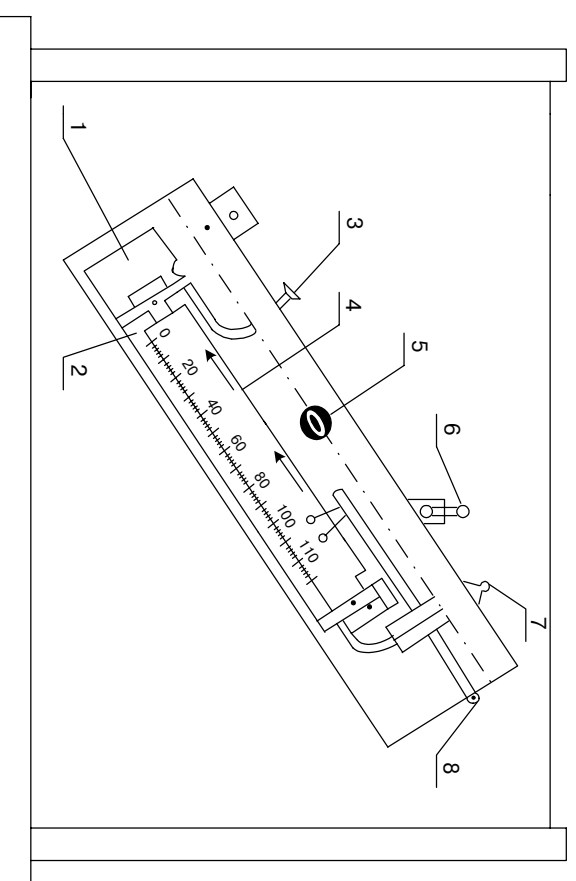


Рис. 10.3. Схема тягонапороміра ТНЖ:
1 — скляна посудина; 2 — вимірювальна трубка; 3 — штудер повного тиску;
4 — рухлива вимірювальна шкала; 5 — рівень; 6 — ретуповальний гвинт нахилу приладу; 7 — штудер підведення статичного тиску; 8 — гвинт переміщення шкали

10.2. Порядок виконання роботи

10.2.1. Розрахунок кількості подаваного повітря L_{pm}

Кількість подаваного в приміщення повітря L_{pm} 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).

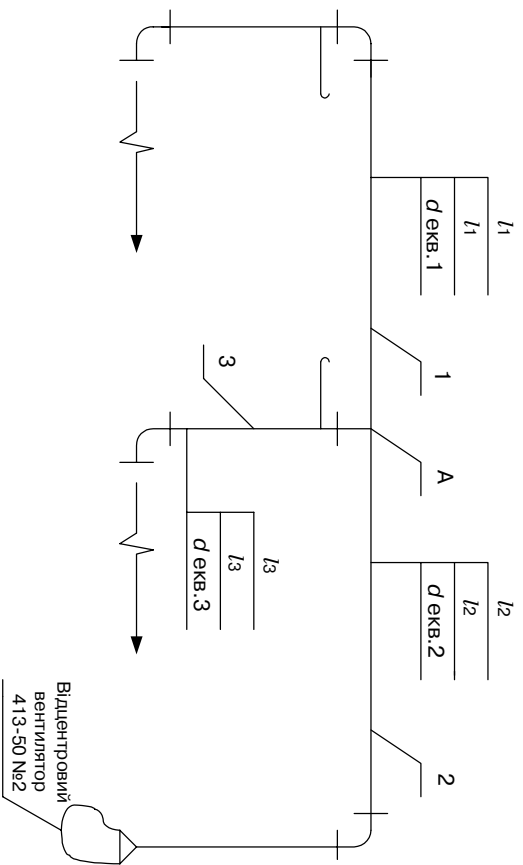


Рис. 10.4. Схема повітроводів лабораторної установки

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

3. Проставити в кружечках на розрахунковій схемі номера 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 $L_{pm} = L_2$, визначену в п. 10.2.1, прийняти рівномірно розподіленою між двома припливними пагрубуками на ділянках 1 і 3 ($L_1 = L_3 = L_{pm} / 2$);

- 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_{pm} , Па:

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

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 10В, 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:

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

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 $Z_{\text{м.оп}}$ 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 (нарастаючим 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 $P_{\text{вгл}}$ мають дорівнювати розрахунковому тиску в повітроводі в місці приєднання його до магістралі (точка А на рис. 10.4). Виходячи з цієї умови для досліджуваного 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 важити заходів для вирівнювання тисків (змінити площу перерізу відгалуження, встановити діафрагму, шиберну заслінку тощо).

10.2.4. Перевірка відповідності лабораторного вентилятора розрахунковим параметрам мережі $L_{\text{рм}}$ і $P_{\text{рм}}$

Накреслити в масштабі характеристики лабораторного вентилятора (додаток 10Д, жирна лінія), що є графічно вираженою залежністю між основними параметрами вентилятора (продуктивність $L_{\text{в}}$ ($\text{м}^3/\text{год}$), тиск, що розвивається, $P_{\text{в}}$ (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 $L_{\text{рм}}$ та її опір $P_{\text{рм}}$. 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 $\eta_{\text{мін}}$), 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 $P_{\text{рм}}$ від характеристики вентилятора за каталогом допускється в межах $\pm 10\%$.

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

Таблиця 10.1

Розрахункова таблиця магістралі та відгалуження

Витрати тиску на тертя, Па	Втрати тиску на місцеві опори		Втрати тиску на ділянці $Z_{\text{м.оп}}$, Па	Сума коефіцієнтів місцевих опорів $\sum_{k=1}^n \xi_k$	Втрати тиску на ділянці $Z_{\text{тр,л}}$, Па	Сума коефіцієнтів місцевих опорів $\sum_{k=1}^n \xi_k$	Втрати тиску на ділянці $Z_{\text{рм}}$, Па	Сума коефіцієнтів місцевих опорів $\sum_{k=1}^n \xi_k$	Втрати тиску на ділянці $Z_{\text{вгл}}$, Па	Сума коефіцієнтів місцевих опорів $\sum_{k=1}^n \xi_k$
	Па	Па								
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11

Коефіцієнти місцевих опорів

Ділянка № 1

Припливна насаддка $\xi_1 =$
Шибер $\xi_2 =$
Коліно $\xi_3 =$

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

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 $\xi_3 =$

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).

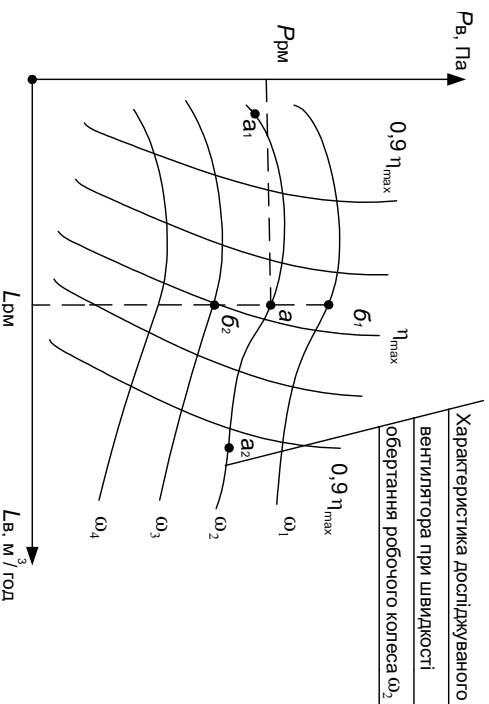


Рис. 10.5. Номограма характеристик вентилятора

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

10.2.5. Експериментальне визначення параметрів вентиляційної установки $L_{\text{фв}}$ і $R_{\text{фв}}$

Кількість повітря, переміщувану вентилятором, $L_{\text{фв}}$ ($\text{м}^3/\text{год}$), визначають за значенням швидкості повітряного потоку $v_{\text{ф}}$ ($\text{м}/\text{с}$), обчисленої на підставі заміряного значення динамічного (швидкісного) тиску R (Па):

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

Швидкість повітря

$$v_{\text{ф}} = \sqrt{\frac{2R_{\text{д}}}{\rho}} \quad (10.6)$$

Динамічний тиск $R_{\text{д}}$, 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 $R_{\text{ст}}$ нормально до стінки, що обмежують потік повітря. Він характеризує потенційну енергію потоку.

Повний тиск $R_{\text{т}}$, що є алгебраїчною сумою динамічного і статичного тисків:

$$R_{\text{т}} = R_{\text{д}} + R_{\text{ст}},$$

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 вимірвальними приладами — тягонапоміром 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 загнутото кінця трубки має бути паралельна потоку повітря і збігатися з віссю симетрії повітроводу.
3. Приєднати кінець трубки з наскрізним отвором до лівого штуцера тягонапоміра (штуцер «в» при використанні мікроманометра), увімкнути вентилятор і виміряти значення повного тиску в повітроводі $R_{\text{фв}}$.
4. Приєднати кінець запаяної трубки до лівого штуцера тягонапоміра (штуцер «в» при використанні мікроманометра) і виміряти значення статичного тиску $R_{\text{ст}}$.
5. Приєднати трубку повного тиску до лівого штуцера (штуцер «в»), а трубку статичного тиску — до правого штуцера (штуцер «б») і виміряти значення динамічного тиску $R_{\text{д}}$.
6. Вимірювання виконати по три рази і знайти середнє значення тисків $R_{\text{фв}}$, $R_{\text{ст}}$ і $R_{\text{д}}$.
7. Обчислити швидкість руху повітря $v_{\text{ф}}$ у повітроводі за формулою (10.6). Густину повітря прийняти для стандартних умов ($t = 20 \text{ }^\circ\text{C}$, $\rho = 1,2 \text{ кг}/\text{м}^3$, $R_{\text{ст}} = 760 \text{ мм рт. ст.}$), $\rho = 1,2 \text{ кг}/\text{м}^3$.
8. Визначити продуктивність вентиляційної установки $L_{\text{фв}}$ 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 досліду	$R_{\text{т}}$, Па	$R_{\text{ст}}$, Па	$R_{\text{д}}$, Па	$v_{\text{ф}}$, м/с	F , м^2	$L_{\text{фв}}$, $\text{м}^3/\text{год}$

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

Якщо фактична продуктивність $L_{\text{рм}}$ не збігається з розрахунковою, то це означає, що або фактичний опір мережі $P_{\text{фв}}$ не відповідає розрахунковому $P_{\text{рм}}$ (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 всгавці при виході з вентилятора, засміченість повітроводів тощо, у другому випадку — дефекти вентилятора, обертання колеса у зворотньому напрямку та ін.

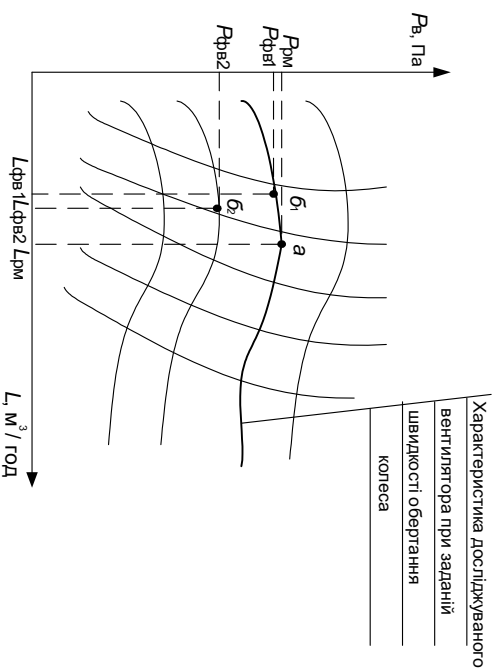


Рис. 10.6. Графік режиму роботи вентилятора в мережі

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 виробничі приміщення?
3. Наведіть формулу розрахунку загальних втрат тиску в повітроводах.
4. Назвіть умову розрахунку відгалужень.
5. Як 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:

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

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:

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

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, видається з приміщення і подається в нього, К; C_p — масова теплоємність повітря при сталому тиску, кДж/кг·К ($C_p = 1$ 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, видається з приміщення і подається в нього, г/кг, який визначають за допомогою $l-d$ діаграми за методикою, що викладена у дод. 10Д; Z — кількість шкідливих речовин у повітрі, що подається в приміщення, мг/год; $\Gamma \Delta K$ — 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_1 , м/с	$d_{\text{евв}}$, м	$\lambda / d_{\text{евв}}$, м ⁻¹	$\lambda / d_{\text{евв}}$, м ⁻¹	$\lambda / d_{\text{евв}}$, м ⁻¹
	$\rho v^2 / 2$, Па			
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 $d_{\text{евв}}$ (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 $l / d_{\text{евв}}$ (м⁻¹).

Завдання для розрахунку продуктивності вентиляційної установки

Варіант 1

Кількість наванного тепла, що виділяється в приміщенні цеху, $Q_{\text{н}} = 1200$ кДж/год; температура повітря, яке видається, $t_{\text{в}} = 30^{\circ}\text{C}$; температура припливного повітря $t_{\text{п}} = 25^{\circ}\text{C}$.

Варіант 2

Кількість наванного тепла, що виділяється в приміщенні експериментальної лабораторії, $Q_{\text{н}} = 1800$ кДж/год; температура повітря, яке видається, $t_{\text{в}} = 25^{\circ}\text{C}$; температура припливного повітря $t_{\text{п}} = 20^{\circ}\text{C}$.

Варіант 3

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

Варіант 4

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

Варіант 5

Кількість парів аміаку, що надходять у приміщення ЦЗД, становить 7500 мг/год, ГДК аміаку дорівнює 20 мг/м³. Вміст аміаку в припливному повітрі $Z_{\text{п}} = 5$ мг/м³.

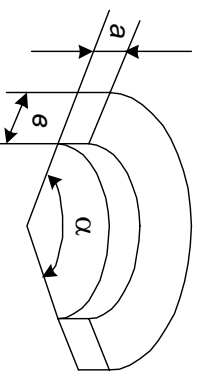
Варіант 6

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 $Z_{\text{п}} = 10$ мг/м³.

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

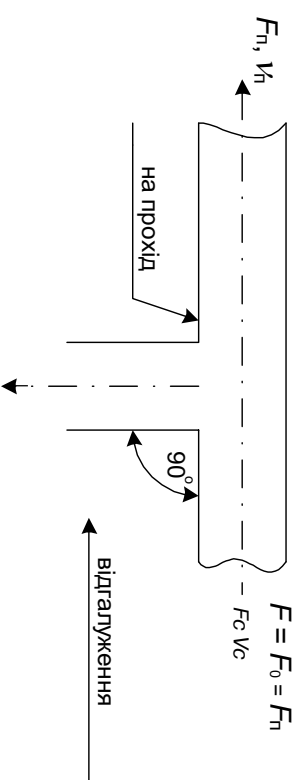
Додаток 10Г
Значення коефіцієнтів місцевих опорів

1. Когіно прямокутного перерізу із закругленими кромками:



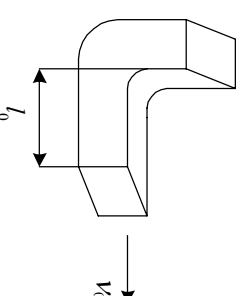
α°	75	90	110
ξ	0,21	0,23	0,26

2. Трійник прямий припливний прямокутного перерізу:



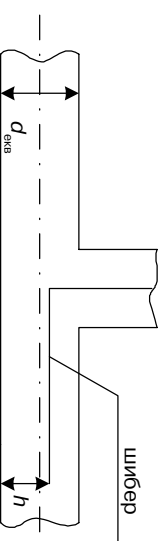
Напрямок потоку	v°/v_c	0,4	0,5	0,6	0,8	1	1,2	1,4	1,6
Відгалуження	ξ_0	9,4	6,2	4,2	2,3	1,6	1,2	1	0,8
На прохід	$\xi_{\text{п}}$	0,4	0	0	0,1	0	0	0	0

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

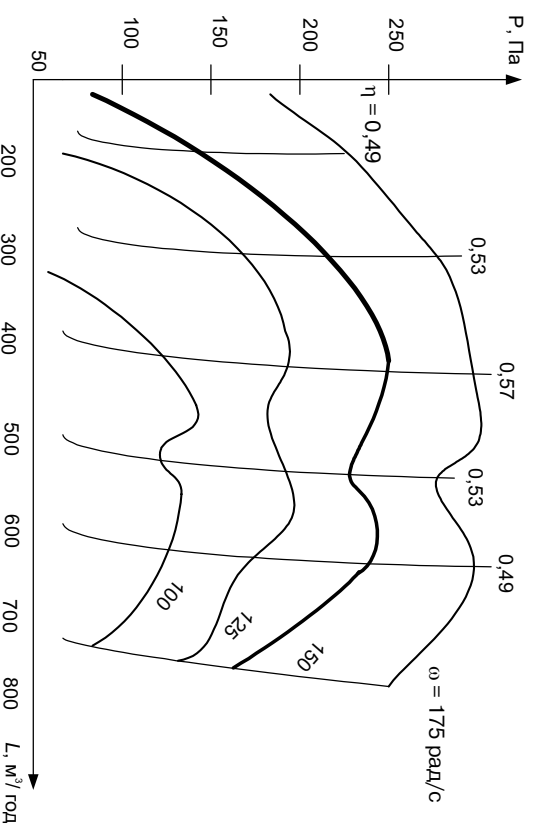


$l_0/d_{\text{св}}$	0	1	2	4	6	8
ξ	2,95	3,23	2,72	2,24	2,1	2,05

5. Шибер, який вставляється у прямокутному повітроводі:



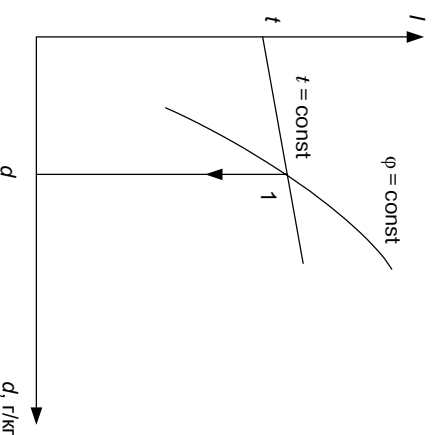
$h/d_{\text{св}}$	0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1
ξ	∞	143	44,5	17,8	8,12	4,02	2,08	0,95	0,39	0,09	0



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 призначення навчальної лабораторії.

11.1. Загальні положення

Однією з необхідних умов здоров'я 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.

Вільність 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 в умовах високих температур, шуму та вібрацій значно збільшується. Наприклад, висока температура повітря викликає розширення судин шкіри, посилюється потовиділення, частіше 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 вологоти) 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 вигученням 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 зовні, а також унаслідок дії вітру.

Різنا температура повітря всередині (найбільш висока температура) і зовні 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 висисненого.

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 подати великих об'ємів повітря (до кількох мільйонів кубічних метрів за годину) без засосовування вентиляторів та повітроводів. Система аерації є значно дешевшою, ніж механічні системи вентиляції; вона є поуживним 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, пригливне повітря вводиться до приміщення без попереднього очищення та підігріву, а виділюване — 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 ступками (рис. 11.1).

Принцип розташування аераційних отворів полягає ось у чому. Температура повітря всередині цеху внаслідок виділення надлишків явної теплоти ϵ , як правило, вищою за температуру зовнішнього повітря t_a . Отже, густина зовнішнього повітря ρ_a 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 середній висоті

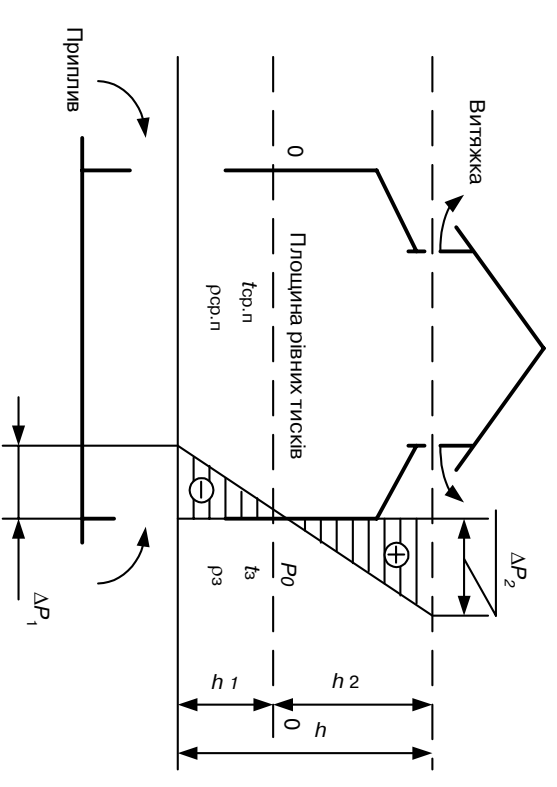


Рис. 11.1. Аерація будівлі цеху

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

$$\Delta P_1 = h_1 \cdot g(\rho_s - \rho_{\text{впр}}), \quad (11.1)$$

де $\rho_{\text{впр}}$ — середня густина повітря у приміщенні, кг/м^3 , відповідає середній температурі повітря у приміщенні $t_{\text{впр}}$, яка визначається за формулою $t_{\text{впр}} = (t_{\text{р.с}} + t_{\text{внр}}) / 2$, де $t_{\text{р.с}}$ і $t_{\text{внр}}$ — температури повітря у робочій зоні та повітря, що видається 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:

$$\Delta P_2 = h_2 \cdot g(\rho_s - \rho_{\text{впр}}), \quad (11.2)$$

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:

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

Тепловий напір та, відповідно, об'єм перемищуваного 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 взимку, 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 витяжку роблять припливні отвори на висоті 5—6 м від підлоги так, щоб холодне повітря ззовні не потрапляло у зону робочих місць.

Вплив повітря може послабитися чи посилитися аерацією, яка створюється завдяки тепловому тиску. Відкриття отворів (фрамуг) на підвітряному боці аераційного ліхтаря призводить до задування повітря кризь ліхтар і відкидання у робочу зону забрудненого повітря, що рухається вітром. 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 труднощості і небезпечної роботи з підтримки у порядку фрамуг і приладів для керування ними, використовують спеціальні конструкції ліхтарів, які не задуваються вітром. Усуєнення 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).

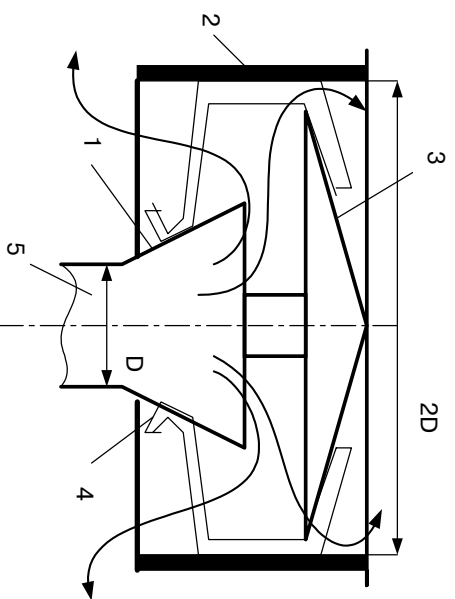


Рис. 11.2. Дефлектор ЦАГІ

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 патрубок 5 і потім виходить назовні кризь 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.

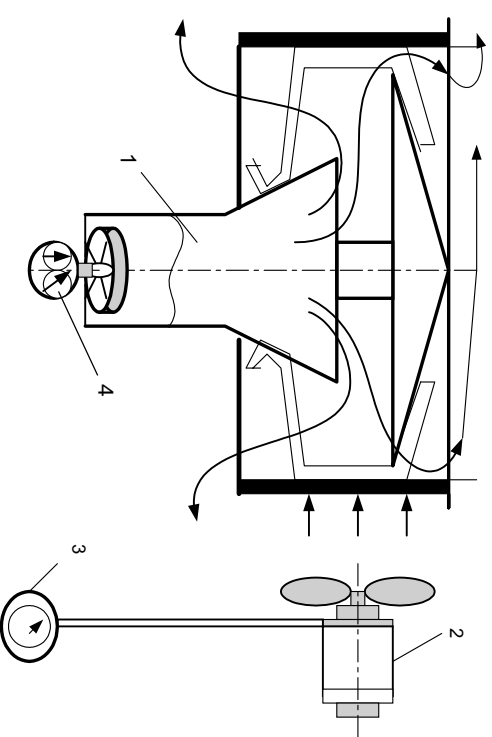


Рис. 11.3. Схема лабораторної установки:

1 — дефлектор ЦАГІ; 2 — осовий вентилятор; 3 — ДАТР; 4 — кульчастий 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 кульчастий анемометр 4. При замірах вісь анемометра має бути паралельно до напрямку руху повітряного потоку. Вмикають та вимикають лічильники анемометра аретиром. Швидкість руху повітря визначають за кількістю обертів кульчастки за деякий час. Збуджувачем руху повітря є два осових вентилятора 2. Вентилятори через лабораторний автотрансформатор ДАТР 3 підключені до електричної мережі (220 В).

Електричну схему лабораторної установки аерації показано на рис. 11.4.

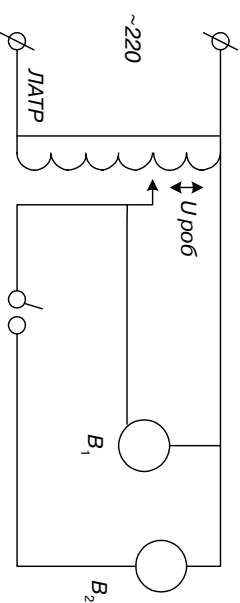


Рис. 11.4. Електрична схема установки: V_1, V_2 — вентилятори

11.3. Порядок виконання роботи

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

Замри:

- 1) визначення концентрації димпшок у повітрі робочого приміщення;
- 2) визначення швидкості руху повітря у дефлекторі та аналіз відноності 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 (m^3/Γ):

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

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

3. Знайти площу перерізу патрубків дефлектора:

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

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

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

де $v_{деф1}, v_{деф2}, v_{деф3}$ — швидкості 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 ($\bar{v}_{деф}$)

Варіанти вітряного напору	Результати замірів, м/с			$\bar{v}_{деф}$	$\delta, \%$	Примітки
	$v_{деф1}$	$v_{деф2}$	$v_{деф3}$			
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:

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

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

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

4. Визначити сторону патрубка дефлектора a_p . Спосіб розрахунокий.

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

де $f_{деф}$ — див. вираз (11.5).

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

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

де $P_{деф}$ (кг/м²) — тепловий напір (приймемо таким, що дорівнює нулю); $P_{\pi} = V^2 Y / 2d$ — швидкісний вітровий напір, кг/м²; D — діаметр дефлектора, м; (або еквівалентний розмір, a — сторона квадратного перерізу); ξ — коефіцієнт місцевого опору (вхід 0,5); $Y_{деф}$ — питома вага повітря, що виділяється; $Y \approx Y_{деф} \approx 1,29$ г/л; λ — коефіцієнт опору тертю (для заліза $\lambda = 0,02$); L — довжина патрубка, м (1,6 м).
Приймімо $P_{деф} = 0$ і перетворімо вираз (11.7) відносно a :

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

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

Результати замірів та розрахунків за п. 4—5

Таблиця 11.2

Варіанти	a замірняє	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.

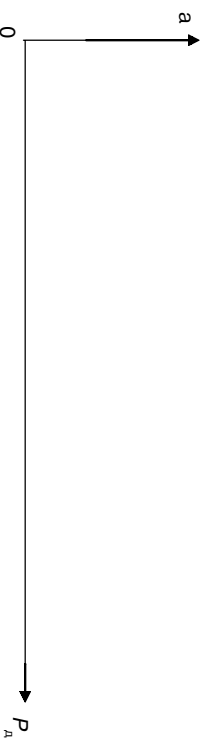


Рис. 11.5. Залежність поперечного перерізу дефлектора (або сторони a квадратного перерізу) від швидкості вітрового напору

Результати замірів до частини II

Таблиця 11.3

№ позиції на ДАТР	P_d	Розрахункове значення $a_p, \text{ м}$	Примітки
1			
2			
3			
4			
5			
6			
7			
8			
9			
10			

11.4. Звіт

1. Мета роботи.
2. Схема лабораторної установки дефлектора ДАТР.
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 принципи дії.

Джерела інформації

1. ГОСТ 12.1.005-88. СБТ. 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. Производство 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 гірлітчно 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 гірлітчні вимоги до приміщень.

До гірлітчних 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. Для 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 глибокій приміщенні, 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 $E_{\text{вн}}$, що утворюється в деякій точці (рис. 12.1) заданої площини всередині приміщення світлом неба (без посереднім або після відбиття), до одночасного значення зовнішньої горизонтальної освітленості E_s , яка утворюється світлом повністю відкритого небосхилу і визначається у відсотках:

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

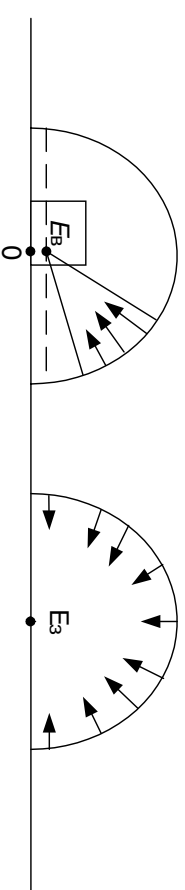


Рис. 12.1. Схема для визначення коефіцієнта природного освітлення: $E_{\text{в}}$ — освітленість всередині приміщення в точці O ; E_s — зовнішня освітленість

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 пропущається 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 $\Phi_{\text{відб}}$, відбитого від поверхні, до світлового потоку, що падає на неї, $\Phi_{\text{пад}}$:

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

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:

$$P_{\text{св}} = \frac{P_1 S_1 + P_2 S_2 + \dots + P_n S_n}{\sum S}, \quad (12.5)$$

де P_1, \dots, P_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 характеристик (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, риску, 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

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

де $e_{\text{н}}^{\text{III}}$ — значення КПО для будівель, розташованих у III поясі світлового клімату; m — коефіцієнт світлового клімату; c — коефіцієнт соціальності 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 ($e_{\text{мін}}^{\text{III}}$) 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 розряду приміщення з умовною робочою поверхнею (або підлогою).

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

Середнє значення КПО розраховують за формулою

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

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 розряду 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 розряду 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).

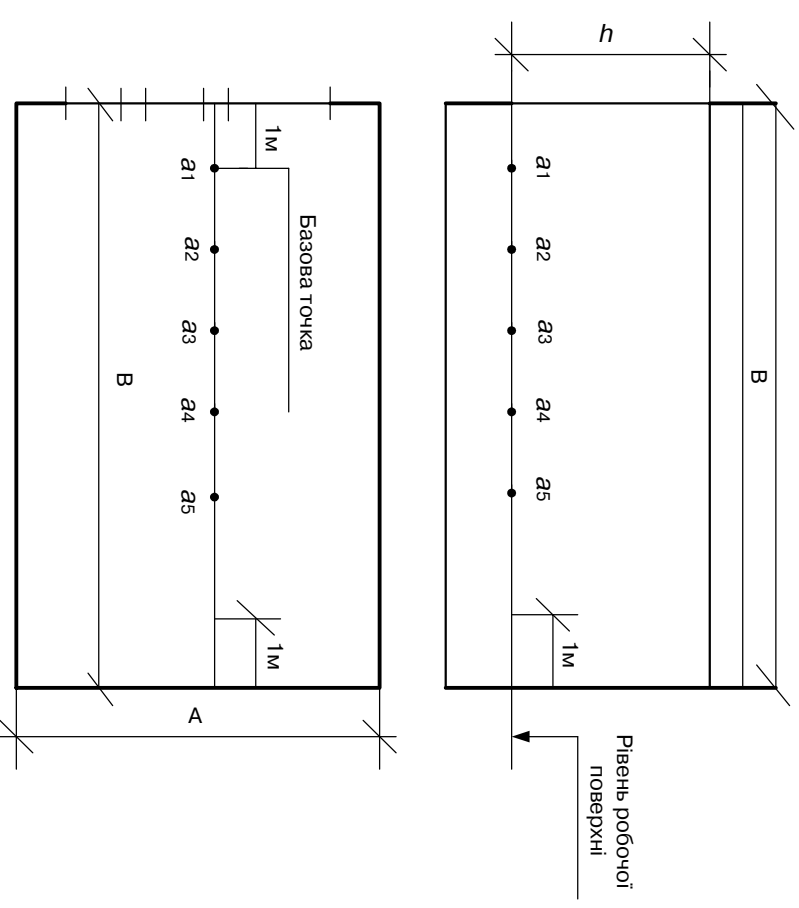


Рис. 12.2. Характерний поперечний розріз і план приміщення для розрахунку коефіцієнта природної освітленості при боковому освітленні: B — глибина приміщення; A — довжина приміщення; h — висота верху вікна над робочою поверхнею

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, m^2 світлових прорізів залежно від площі підлоги становить:

$$S_{\text{в}} = \frac{e_{\text{н}}^{\text{I,II,IV,V}} \eta_{\text{в}} S_{\text{п}} K_{\text{бзд}} K_{\text{а}}}{100 \tau_{\text{а}} \tau_1}, \quad (12.8)$$

при верхньому освітленні

$$S_{\pi} = \frac{e^{I_{ДЛД'V}} \eta_{\pi} S_{\pi} K_3}{100 \tau_1 \tau_2 K_{\pi}} \quad (12.9)$$

де $e^{I_{ДЛД'V}}$ — нормоване значення КПО залежно від поясу світлового клімату; S_{π} , S_{π} — площі світлових прорізів (γ світлі) при боковому й верхньому освітленні відповідно, m^2 ; S_{π} — площа підлоги приміщення, m^2 ; η_{π} — 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 світлопропускаячого матеріалу; $K_{\text{бвд}}$ — коефіцієнт, який враховує затемнення вікон будівлями, що розташовані навпроти; τ_s — загальний коефіцієнт світлопропускання, визначається за формулою

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

де τ_1 — коефіцієнт, що враховує втрати світла у світлопропускаячому матеріалі; τ_2 — коефіцієнт, що враховує втрати світла у віконних рамах; τ_3 — коефіцієнт, що враховує втрати світла у тримісальних конструкціях (при боковому освітленні $\tau_3 = 1$); τ_4 — коефіцієнт, що враховує втрати світла в сонцезахисних пристроях; τ_5 — коефіцієнт, що враховує втрати світла в захисній сітці, яка встановлюється під ліхтарями, приймається таким, що дорівнює 0,9; η_{π} — світлова характеристика ліхтаря або світлових отворів у площині покриття; τ_1 — коефіцієнт, що враховує підвищення КПО при боковому освітленні завдяки світлу, яке відбивається від поверхонь приміщення і підстилкового шару, який прилягає до будівлі; τ_2 — коефіцієнт, що враховує підвищення КПО при верхньому освітленні завдяки світлу, яке відбивається від поверхонь приміщення; K_{π} — 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 використовуються 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 фотострумів через міліамперметр, який відхиляє стрілку міліамперметра.

Значення струму I , 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 таблиця 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	Без насадок з відкритим фотоелементом	1
17—100		
50—300		
170—1000	К М	10
50—3000		
170—10000	К Р	100
50—30000		
170—100000	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 скляний 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°С і відносній вологості не більше 80% при температурі +25°С.

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 рівню освітленості, виміри потрібно починаги з використанням насадок К, Р, Т, користуючись для відліку показань спочатку шкалою 0—100 (права кнопка).

Якщо стрілка вимірювача відхиляється нижче 17 поділок, необхідно перемикнути 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 вєредіні 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 характеристики зорової роботи, що виконується в приміщенні.

За видом освітленості й характеристикою зорової роботи (розрядом) визначити КПО ($e_{н}^{III}$) і обчислити $e_{н}^x$ 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

Таблиця 12.2

Точки вимірювання	Вид освітлення	Освітленість усереднені приміщення, лк	Одночасно вимірювана 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 однакової 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 прилеглої 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 $e_{н}^{III}$ для зорової роботи, що виконується. Занести в табл. 12.3.

Таблиця 12.3

Початкові дані й результати розрахунку площі світлових прорізів

Вид освітлення	$e_{н}^{III}, \%$	$S_{н}$, м ²	$\eta_{в}$	$K_{с}$	$K_{ср}$	Γ	$\tau_{с}$	Площа світлових прорізів, м ²

2. За формулою (12.6) обчислити $e_{н}^x$ 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 $\tau_1, \tau_2, \tau_3, \tau_4, \tau_5, \tau_6, \tau_7, \tau_8, \tau_9, \tau_{10}, \tau_{11}, \tau_{12}$. Занести в табл. 12.3.

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

6. Порівняти розрахункову площу світлових прорізів $S_{в}$ із фактичною $S_{ф}$. Зробити відповідні висновки.

12.3. Звіт

1. Мета роботи.
2. Короткий опис приладу.
3. Таблиці, заповнені за поданого 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 досягнення освітленість робочих місць природним світлом?

Джерела інформації

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

Додаток 12А

Норми освітленості виробничих приміщень

	Освітлення												
	Штучне		Природне			Сполучене							
	Освітленість, лк		КПО e_{III} , % при освітленні			КПО e_{III} , % при освітленні							
	При комбінованому освітленні	Центральне освітлення	Центральне освітлення	Боковому освітленню в зоні А	Боковому освітленню в зоні В	Боковому освітленню в зоні С	Боковому освітленню в зоні Д	Боковому освітленню в зоні Е	Боковому освітленню в зоні Ф	Боковому освітленню в зоні Г	Боковому освітленню в зоні Д		
7												8	9
5000	1500	4000	1250	2500	750	1500	400	10	2,8	3,5	6	1,7	2
1500	400												

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 Малий Середній Великий Середній Великий	Темний Середній Темний Світлий Середній Темний Світлий 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 Світлий Середній	2000 1000 750 400	500 500 300 200	 5 	 1,6 	 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 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 Малий Середній Великий Середній Великий	Темний Середній Темний Світлий Середній Темний Світлий 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 характеристик фону і контрасту об'єкта з фоном		—	150	2	0,4	0,5	1,2	0,3	0,3
Пов'язана із самосвітними матеріалами і виробами в гарячих цехах	Більше 0,5	VII	—	Незалежно від характеристик 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 спостереження за перебігом виробничого процесу: постійне		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 постійному перебуванні людей у приміщенні			б	Незалежно від характеристик фону і контрасту об'єкта з фоном			50	0,7	0,2	0,2	0,5	0,2	0,2
періодичне при періодичному 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	0,1

Значення коефіцієнта світлового клімату m

Додаток 12Б

Пояс світлового клімату	Коефіцієнт m
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 e

Додаток 12В

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

Значення коефіцієнтів τ_1, τ_2, τ_3

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

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

Триміральні 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 менше 50 см	0,8 0,9

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

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

Значення світлової характеристики η , світлових прорізів при боковому освітленні

Відношення довжини приміщення А до його глибини В	Значення світлової характеристики $\eta_{\text{в}}$ при відношенні глибини приміщення В до його висоти від рівня умовної робочої поверхні до верхнього краю вікна h_v									
	1	1,5	2	3	4	5	7,5	10	11	10
4 і більше	6,5	7	7,5	8	9	10	11	11	11	12,5
3	7,5	8	8,5	9,6	10	11	11	12,5	14	14
2	8,5	9	9,5	10,5	11,5	13	15	17	17	17
1,5	9,5	10,5	13	15	17	19	21	23	23	23
1	11	15	16	18	21	20	26,5	29	29	29
0,5	18	23	31	37	45	54	66	—	—	—

Примітка. Глибина приміщення В при боковому природному освітленні — це відстань між зовнішньою стіною зі світловими прорізами і найбільш віддаленою від неї стіною приміщення.
Довжина приміщення А — відстань між стінами, перпендикулярними зовнішній стіні.

Значення коефіцієнта r_1

Відношення глибини приміщення B до висоти від рівня умовно робочої поверхні до верха вікна h_1	Відношення відстані l розрахункової точки від зовнішньої стіни до глибини приміщення B	Значення r_1 при боковому односторонньому освітленні								
		Середньозважений коефіцієнт відбиття стелі, стін і підлоги $\rho_{св}$								
		0,5			0,4			0,3		
		Відношення довжини приміщення A до його глибини B								
		0,5	1	2 і більше	0,5	1	2 і більше	0,5	1	2 і більше
Від 1 до 1,5	0,1	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1	1
	0,5	1,4	1,3	1,2	1,2	1,15	1,15	1,15	1,1	1,1
	1	2,1	1,9	1,5	1,8	1,6	1,3	1,4	1,3	1,2
Від 1,5 до 2,5	0	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1	1
	0,3	1,3	1,2	1,1	1,2	1,15	1,1	1,15	1,1	1,05
	0,5	1,85	1,6	1,3	1,5	1,35	1,2	1,3	1,2	1,1
	1	3,8	3,3	2,4	2,8	2,4	1,8	2	1,8	1,5
Від 2,5 до 4	0,1	1,1	1,05	1,05	1,05	1	1	1	1	1
	0,2	1,1	1,1	1,05	1,1	1,1	1,05	1,05	1,05	1,05
	0,3	1,2	1,15	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,05
	0,4	1,3	1,25	1,2	1,2	1,15	1,1	1,15	1,1	1,1
	0,5	1,6	1,45	1,3	1,3	1,25	1,2	1,25	1,15	1,1
	0,6	2	1,75	1,4	1,6	1,45	1,3	1,4	1,3	1,2
	0,7	3,6	2,2	1,7	1,9	1,7	1,4	1,6	1,5	1,3
	0,8	4,6	3,1	2,4	2,3	2	1,5	1,9	1,7	1,4
	0,9	5,3	4,2	3	2,9	2,45	1,9	2,2	1,85	1,5
	1	7,2	5,4	4,3	3,6	3,1	2,4	2,6	2,2	1,7

Значення коефіцієнта $K_{бул}$, що враховує загінення прорізів протилежними будівлями

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

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

Коефіцієнт запасу K_3

Приміщення і території	Приклади приміщень	Коефіцієнт запасу K_3 при природному освітленні і розташуванні світлопропускового матеріалу		
		Вертикально	Окісно	Горизонтально
1. Виробничі приміщення з повітряним середовищем, що містить у робочій зоні: а) більше 5 мг/м ³ пилю, диму, кітяви б) від 1 до 5 мг/м ³ пилю, диму, кітяви в) менше 1 мг/м ³ пилю, диму, кітяви	Агломерційні фабрики, цементні заводи та обрубвальні відлики ливарних цехів.	1,5	1,7	2
	Цехи ковальські, марганевські, зварювальні, складального залізобетону.	1,4	1,5	1,8
	Цехи інструментальні, складальні, механічні, механоскладальні, пошівні.	1,3	1,4	1,5
	Цехи хімічних заводів із виробництва кислот, лугів, ідких хімічних реактивів, добрив, цехи гальванічних покриттів і гальванопластики різних галузей промисловості з використанням електродів.	1,5	1,7	2
	г) значні концентрації кислот, лугів, газів, які можуть при стиканні з вологою утворювати слабкі розчинні кислоти, лугів, а також які мають велику корозійну здатність			
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 ВИРІВНИЧОГО ШУМУ

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

13.1. Загальні положення

Шум — безладне сполучення різних за частотою та інтенсивністю звуків (хвиль «розрядження» у повітрі). Шум є дуже поширеним шкідливим виробничим фактором. Частотний діапазон звукових хвиль, що сприймає людина за допомогою слуху, велими широкий (у більшості людей від 20 до 12 000 Гц), тому, щоб мати можливість реально (не роблячи по 12 000 вимірювань) оцінити чуливість 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 знаковміною величиною.

На значення середньоквадратичного звукового тиску з достатнім ступенем точності реагують мікрофони, які використовуються як чуливі 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
	31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Крайні частоти в октавних смугах										
Крайні частоти в октавних смугах, Гц	22 45	45 90	90 180	180 360	360 720	720 1440	1440 2880	2880 5760	5760 11 520	22 11 520
Види трудової діяльності										
1. Творча діяльність, конструювання, проектування, викладання і навчання, лікарська діяльність та ін.	80	71	61	54	49	45	42	40	38	50
2. Адміністративно-керівна діяльність, вимірювальні та аналітичні роботи в лабораторіях, конструкторських приміщеннях	93	79	70	63	58	55	52	50	49	60
3. Робота, що потребує постійного слухового контролю, робота оператора, диспетчера	96	83	74	68	63	60	57	55	54	65

4. Робота, що потребує зосередження в кабінах спостереження і дистанційного керування, лабораторія із шумним обладнанням	103	91	83	77	73	70	68	66	64	75
5. Виконання всіх видів робіт (за винятком пп. 1—4) у виробничих приміщеннях і на території підприємства	107	95	87	82	78	75	73	71	69	80
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
8. Робочі місця водіїв сільськогосподарської техніки, вантажного транспорту	107	95	87	82	78	75	73	71	69	80
9. Робочі місця водіїв легкових автомобілів	93	79	70	63	58	55	52	50	49	60

Формула (13.1) виражає основний психофізичний закон, за яким зміна інтенсивності відчуття людини пов'язана логарифмічно 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 чутливості при $f = 1000$ Гц, від якого й відраховуються за допомогою мікрофона відносні значення енергії шуму, який вимірюється (опінується), тобто дається оцінка відчуття цього шуму людинною відносно відчуття звуку на порозі чутливості 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 (одинакими виробничого обладнання) (P_{A1} , P_{A2} і т.д.):

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

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 задалегідь 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_{30} для закон маси, за яким звукоізолююча здатність одношарової плоскої стінки (плити)

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

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

Для плити частоти власних згасюючих коливань становлять:

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

де $C_{ст}$ — швидкість звуку в матеріалі стінки, м/с; h — товщина стінки, м; m і n — кількості 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_{36} (резонанс із хвилею, що проходить уздовж стінки), Гц:

$$f_{36} = \frac{C_2}{1,8 C_{ст} \cdot h} = \frac{6,4 \cdot 10^4}{C_{ст} \cdot h}, \quad (13.5)$$

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 $C = 5350$ м/с при $h_c = 1$ мм, $m_c = 7,8$ кг/м², для скла силікатного $C_{oc} = 4000$ м/с при $h_{oc} = 3$ мм, $m_{oc} = 7,5$ кг/м²; для скла органічного $C_{oc} = 1900$ м/с при $h_{oc} = 4$ мм, $m_{oc} = 4,8$ кг/м²; для фанери $C_{\phi} = 2100$ м/с при $h_{\phi} = 3$ мм, $m_{\phi} = 2,4$ кг/м².

На частотах, близьких до $f_{1,1}^c$, ізолююча здатність (власність) стінки практично відсутня. На частотах від $2f_{1,1}^c$ до $0,5f_{36}$ вона підпорядковується закону маси (див. формулу (13.3)). На частотах від $0,5f_{36}$ до f_{36} — знижується на 10—12 дБ, а потім знову зростає (рис. 13.1).

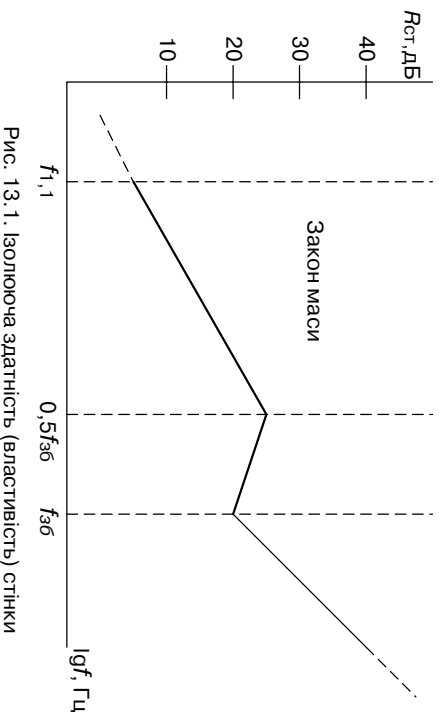


Рис. 13.1. Ізолююча здатність (власність) стінки

Для шуму з переважним скупчуванням акустичної енергії (до 80%) у спектрі частот від $2f_{1,1}$ до $0,5f_{36}$ можна приблизно визначити ізолювальну здатність (власність) стінки R , дБА. Так, для стінки зі сталі товщиною $h_c = 1 \dots 10$ мм:

$$R_{ст, A} = 12 + 9 \lg \frac{h_c}{h_0}, \quad (13.6)$$

де h_0 — одинична товщина стінки, $h_c = 1$ мм.

Для силікатного скла з $h_{oc} = 2 \dots 10$ мм:

$$R_{ст, A} = 9 + \lg \frac{h_{oc}}{h_0}. \quad (13.7)$$

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

$$R_{ст, A} = 6 + 6 \lg \frac{h_{oc}}{h_0}. \quad (13.8)$$

Для фанери з $h_{\phi} = 3 \dots 20$ мм:

$$R_{ст, A} = 4 + 5 \lg \frac{h_{\phi}}{h_0}. \quad (13.9)$$

13.2. Лабораторне обладнання

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

Усереднені камери з однією перегородкою встановлені джерела шуму. У зовнішній стінці камери є два отвори, через які за допомогою мікрофона вимірюється рівень шуму по обидва боки внутрішньої перегородки.

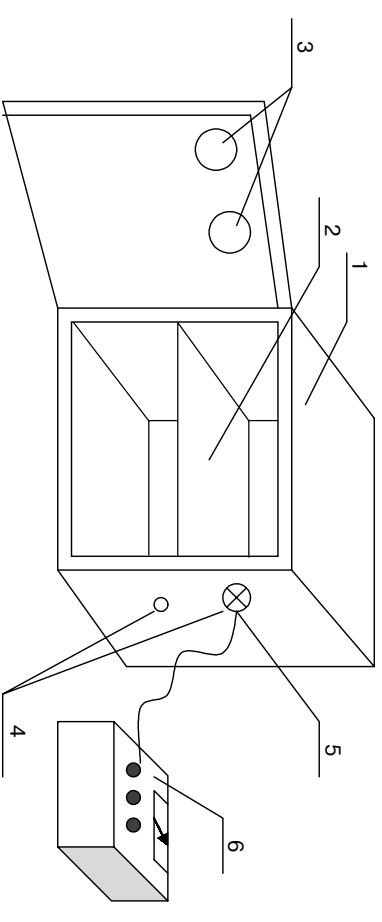


Рис. 13.2. Схема лабораторної установки:

1 — шумова камера; 2 — ізолювальна перегородка; 3 — джерело 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 вклучаючи 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					$(L_{A1})_{ор}$	$R_{ст.А} = (L_{A1})_{ор} - (L_{A2})_{ор}$ (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 вклучаючи 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 використовувались.
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. ССВП. Шум. Терміни і визначення. Введен 30.01.95.
4. *Долін 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 тієнічної оцінки вібрації.

14.1. Загальні положення

Vibrazio — механічні коливання, що передаються тілу людини. Вібрація спричиняє, залежно від тривалості, інтенсивності дії, частоти, а також умов праці стійкі патологічні зміни нервової системи (порухнення процесів збудження й гальмування), опорно-рухового апарата (деформація суглобів, втрата сили м'язів) і кровоносної системи (зужування 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 вагтаж, відцентрова сила якого і спричиняє вібрацію (незбалансованість обертових 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.

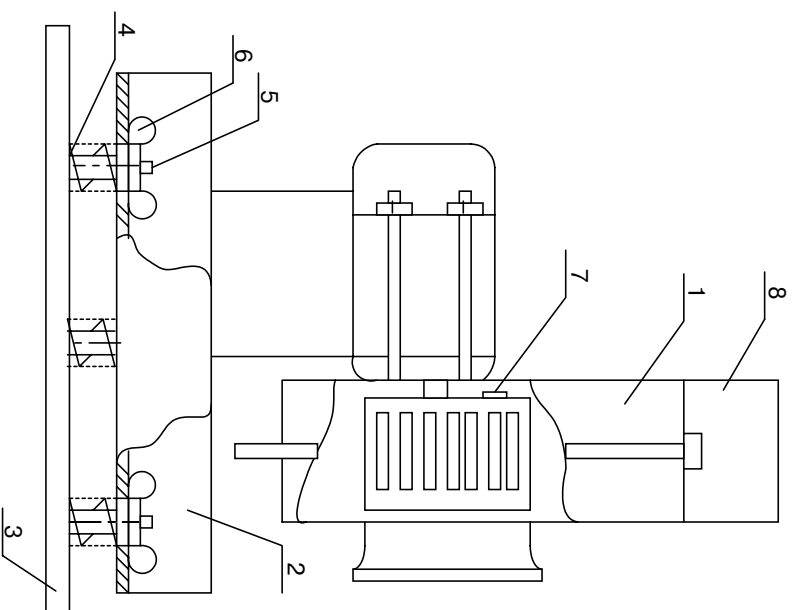


Рис. 14.1. Лабораторна вентиляційна установка:

- 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 розраховується 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 вагтажем розташовані в одній вертикальній попере́чній площині. Оскільки можна приблизно розглядати

коливання центра мас як систему з одним ступенем свободи. Тоді, нехтуючи силами демпфівування (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 штифта. Для підключення з'єднувального кабелю є роз'єднувач. Принцип роботи віброперетворювача полягає ось у чому: при такій штифта з віруючим об'єктом відбувається відносний зсув підвісної системи приладу (інерційної маси) і корпусу (магнітопроводу). При цьому на кінцях обмотки катушки підвісної системи виникає електропрушійна сила, значення якої пропорційне швидкості зсуву.

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

Перемикач «род работы» має такі положення:

«откл.» — живлення приладу вимкнуто;

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

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

mm (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 пкрийний футляр, дістати перетворювач із гнізда, за допомогою кабелю з'єднати його з приладом вимірювальним, увімкнути контактний штифт; перемикач «пределы измерения» встановити в положення 100/1000, перемикач «род работы» — 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 лабораторного 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.

Результати вимірювань віброшвидкості

Таблиця 14.1

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

Результати вимірювань амплітуди

Таблиця 14.2

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

4. Зупинити вентилятор (вимкнути живлення), звільнити гайки 6 (увімкнути віброізолятори). Легким натискуюванням 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 $a_{\text{вб}}$ або $a_{\text{вб}}$ 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 вимірних амплітуд або швидкостей.

7. За формулою (14.3) вираховувати частоту ω вимірюваних коливань. 8. За формулою (14.2) визначити розрахункове значення K_{π} , порівняти з експериментальним значенням, пояснити можливі різницю числових значень.

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

1. Прийняти умовно, що вимірні 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 шкоро-статися співвідношенням:

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

Логарифмічний рівень віброшвидкості визначається за формулою

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

де $v = 5 \cdot 10^{-8}$ 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 вентиляторної установки.
2. Що таке середньоквадратична віброшвидкість?
3. Коэффициент 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. *Далин 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 (випаки)

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

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

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

Співвідношення між логарифмічними рівнями віброшвидкості, дБ, і її значеннями, м/с

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

Лабораторна робота 15

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 уміння 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, висупають 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 команді 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, награвляє 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, вагтажопідійомних і транспортних засобів, змінних вагтажозахватних пристосувань, захисних і блокувальних пристроїв, робочих місць, прохідів, 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 ССП, 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, оторожі, запобіжних та інших технічних пристроїв безпеки, за безперебійною роботою вентиляційних установок і систем, нормальним освітленням робочих місць, правильним використанням спеодяту, 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 (промадський 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 спеодятом, спецвузуттям, засобами індивідуального захисту, запобіжними пристосуваннями,часного 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 спецвузутті і спеодязі, 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 — бригадирів або товаришів 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 безпечної власної поведінки.

15.2.2. За тяжкістю наслідків нещасні випадки поділяють на дрібні (без утрати працездатності), легкі (з утратою працездатності від одного до трьох днів), тривалі (з утратою 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. Кожен 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, травми, 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 кваліфікаційних 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 перебування на роботі 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 втрачено працездатності настала не одразу, розслідується і береться на облік згідно з Порядком прогном 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 15Б 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 НПВ (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 НПВ) 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 НПВ), карта П-5 – у разі виявлення гостро професійного захворювання, матеріалами розслідування підлягає зберіганням 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 НПВ), карта форми П-5 – у разі виявлення гостро професійного захворювання підлягає зберіганням протягом 45 років.

15.3. Зміст і процес заняття. Методичні рекомендації

15.3.1. Заняття проводяться 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-

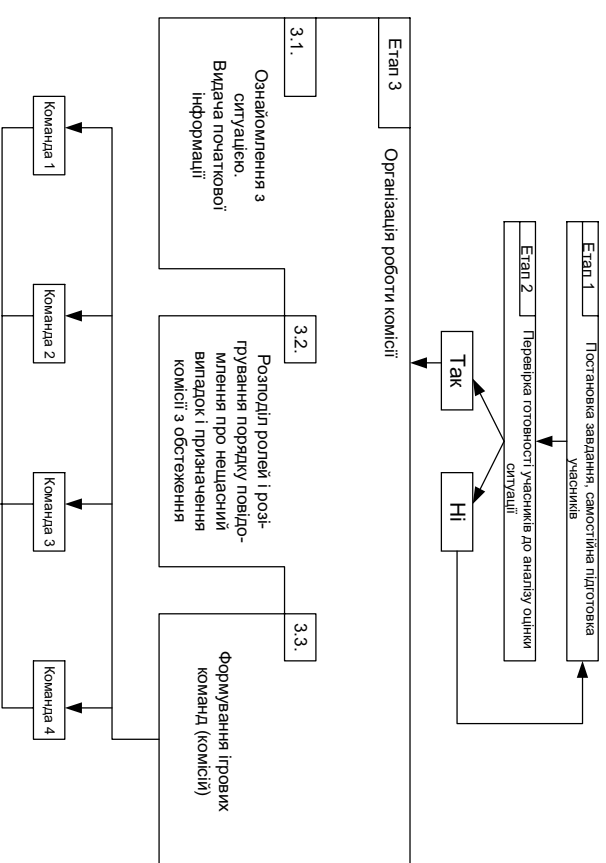


Рис. 15.1. Схема проведення заняття «Розслідування нещасного випадку»

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 графічні беруть участь у колективному обговоренні основних рекомендацій і вказівок затального Порядку. Готовність до обговорення учасники три можуть перевірити, вивчивши 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 виступати 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 випливати 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 відповідно дає потрібні послідовності дій комісії). Організація позицій відповідно передає перевірку стану робочого місця, устаткування, транспортних засобів, проходів, наявності і стану засобів індивідуального захисту, матеріалів, інструментів, пристосувань, що їх застосовував потерпілий; стану огороджувальних механізмів і заоб'їжних пристроїв, наявність попереджувальних плакатів, знаків безпеки, сигнальних кольорів та інших позначень небезпечних місць.

Безіди 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 адміністрацію цеху про небезпечність роботи на тому або іншому устаткуванні тощо. Для визначення об'єктивності свідчень повинення 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 втрачену 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 НІВ).

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) устанавлення 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 якостями 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 робітничкові правила безпеки. Наприклад, молоді робітники нехтують безпекою частіше, ніж особи похилого віку, а довідені — через те, що звикають до неї.

З'яовуючи 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).

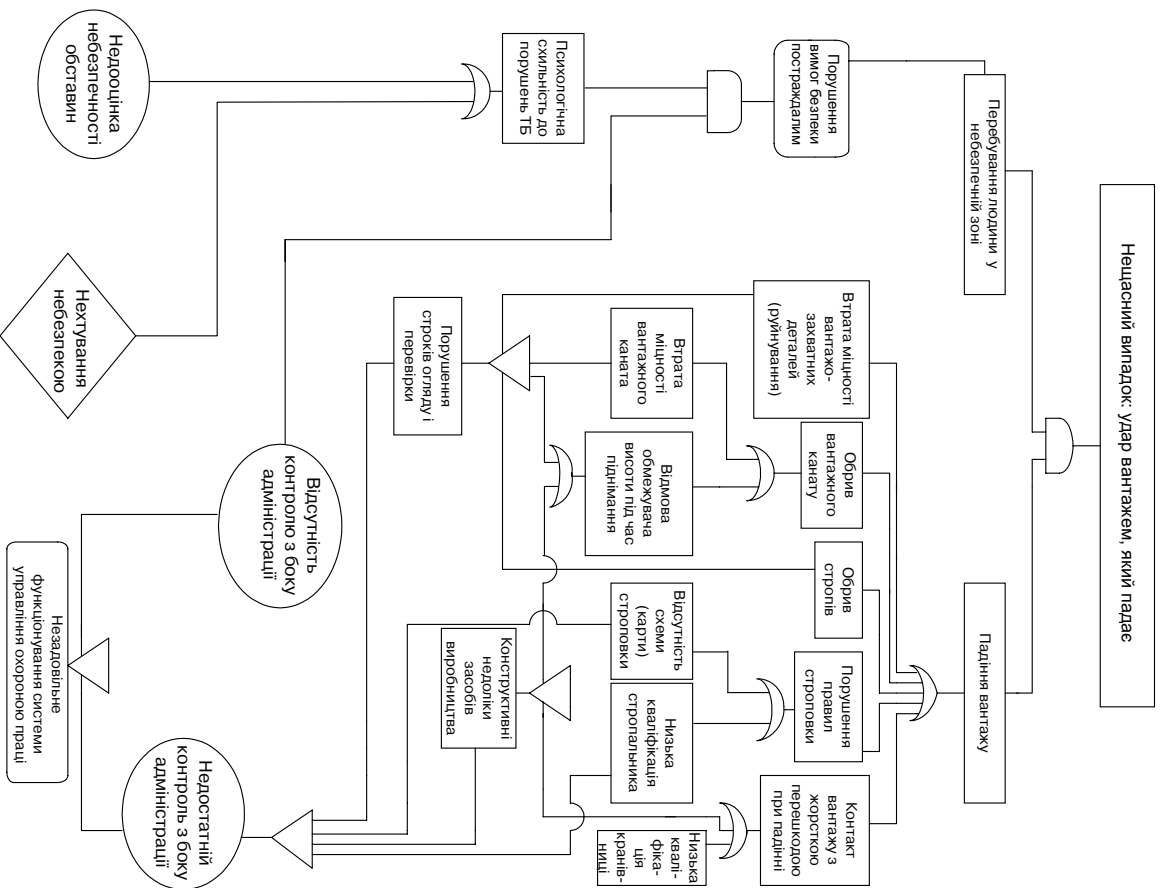


Рис. 15.2. Логічне дерево виникнення небезпеки удару робітника вантажем, який падає біля вантажопідійомного крана

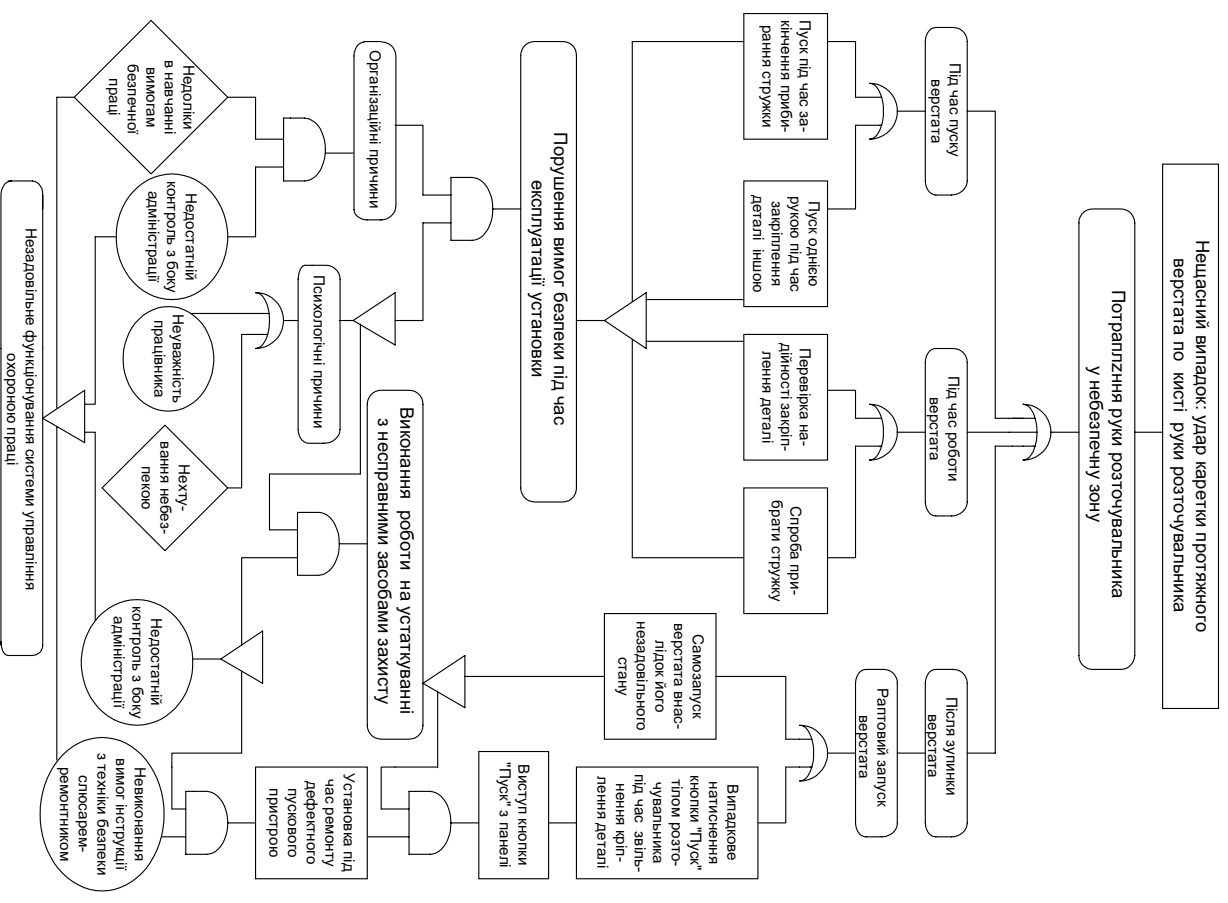


Рис. 15.3. Логічне дерево виникнення небезпеки удару кареткою протяжнього верстата по кисті руки робітника