



НАЦІОНАЛЬНИЙ СТАНДАРТ УКРАЇНИ

СИСТЕМИ ВЕНТИЛЯЦІЇ ТА КОНДИЦІОНУВАННЯ ПОВІТРЯ

**Процедури випробування та методи вимірювання під час здавання в експлуатацію систем вентиляції та кондиціонування повітря**

**(EN 12599:2000, IDT)**

ДСТУ EN 12599:2005

Київ  
ДЕРЖСПОЖИВСТАНДАРТ УКРАЇНИ  
2006

## ПЕРЕДМОВА

1 ВНЕСЕНО: Технічний комітет стандартизації України «Обладнання для кондиціонування повітря і вентиляції» (ТК 57)

ПЕРЕКЛАД І НАУКОВО-ТЕХНІЧНЕ РЕДАГУВАННЯ: В. Літовка (науковий керівник); В. Ніконов; Г. Михайловська; В. Коляденко

2 НАДАНО ЧИННОСТІ: наказ Держспоживстандарту України від 14 травня 2005 р. № 91 з 2006-07-01

3 Національний стандарт ДСТУ EN 12599:2005 ідентичний з EN 12599:2000 Ventilation for buildings — Test procedures and measuring methods for handing over installed **Ventilation** and air conditioning systems (Вентиляція будівель. Процедури випробування та методи вимірювання під час здавання в експлуатацію систем вентиляції та кондиціонування повітря) і включений з дозволу CEN, rue de Stassart 36, B-1050 Brussels. Всі права щодо використання Європейських стандартів в будь-якій формі і будь-яким способом залишаються за CEN та її Національними членами, і будь-яке використання без письмового дозволу Державного комітету України з питань технічного регулювання та споживчої політики (ДССУ) заборонено

Ступінь відповідності — ідентичний (IDT)

Переклад з англійської (en)

4 УВЕДЕНО ВПЕРШЕ

## НАЦІОНАЛЬНИЙ ВСТУП

Цей стандарт є тотожний переклад EN 12599:2000 Ventilation for buildings — Test procedures and measuring methods for handing over installed Ventilation and air conditioning systems (Вентиляція будівель. Процедури випробування та методи вимірювання під час здавання в експлуатацію систем вентиляції та кондиціонування повітря). Технічний комітет, відповідальний за цей стандарт, — ТК 57 «Обладнання для кондиціонування повітря і вентиляції». Стандарт містить вимоги, які відповідають вимогам чинного законодавства та чинним нормативним документам у сфері стандартизації.

Цей стандарт розроблений Технічним комітетом CEN/TC 156 «Вентиляція будівель», секретаріатом керує BSI. Він містить методи випробування і вимірювальні прилади, визначає перевіряння, що їх застосовують для підтвердження відповідності встановлених механічних систем вентиляції і кондиціонування повітря їхній призначеності на етапі здавання в експлуатацію. Стандарт дозволяє вибрати або прості методи випробування, там де це можливо, або, за необхідності, розширені вимірювання.

Перелік європейських стандартів, на які є посилання в цьому стандарті, та стандартів, що їм відповідають, і ступінь їх відповідності наведено в таблиці I.

**Таблиця I** — Перелік європейських і національних стандартів

Позначка європейського стандарту, на який є посилання в ДСТУ EN 12599	Позначка національного стандарту, що відповідає європейському	Ступінь відповідності
EN 1822-1	ДСТУ EN 1822-1-2001	Ідентичний

До стандарту внесено такі редакційні зміни:

- слова «цей європейський стандарт» замінено на «цей стандарт»;
- елемент у назві стандарту «Вентиляція будівель» замінено на «Системи вентиляції та кондиціонування повітря»;
- текст «Вступу» до європейського стандарту долучено до «Національного вступу», окрім тексту двох останніх абзаців, який має попередній довідковий характер;
- структурні елементи стандарту: «Обкладинку», «Передмову», «Зміст», «Національний вступ» і «Бібліографічні дані» — оформлено згідно з вимогами національної стандартизації України;
- позначки одиниць вимірювання замінено на позначки, що їх використовують в Україні в практичній діяльності (див. таблицю II).

Копії європейських стандартів, на які є посилання у цьому стандарті, можна отримати у Головному фонді нормативних документів ДП «УкрНДНЦ».

**Таблиця II** — Позначки одиниць вимірювання

Позначки одиниць вимірювання в європейському стандарті	Позначки одиниць вимірювання в цьому стандарті	Розділи і пункти
m <sup>2</sup> m	м <sup>2</sup>	6.2; 6.3.2; F.3.4.2
m/s	м/с	таблиця 2; E.1.5; таблиця E.2; E.3.1; C.3.4.2; F.2.4.3; таблиця G.6; рисунок G.6; рисунок G.10; додаток J
dBA	дБа	таблиця 2
min	хв	6.3.5
rpm	об/хв	7.3.1.1
kg/m <sup>3</sup>	кг/м <sup>3</sup>	3.3.1.2
h	год	таблиця D.1; 6.3.4; таблиця 1.2
Pa	Па	E.1.4; E.1.5; P.3.4.4; F.3.8.1; таблиця G.1; рисунок G.8; додаток J
m <sup>3</sup>	м <sup>3</sup>	E.1.5

m		
s	c	E.1.5; E.2.1; таблиця E.2
mm	мм	F.3.1.3; таблиця G.1; рисунок G.6; рисунок G. 13; додаток J
m	м	P.3.5.2; F.4.1.2; F.4.3; додаток J
mg/m <sup>3</sup>	мг/м <sup>3</sup>	таблиця G.9
µm	µм	таблиця G.9
nm	нм	таблиця G.9

ДСТУ EN 12599:2005

**НАЦІОНАЛЬНИЙ СТАНДАРТ УКРАЇНИ  
СИСТЕМИ ВЕНТИЛЯЦІЇ ТА КОНДИЦІОНУВАННЯ ПОВІТРЯ**

**Процедури випробування та методи вимірювання під час здавання в експлуатацію систем вентиляції та кондиціонування повітря**

**СИСТЕМЫ ВЕНТИЛЯЦИИ И КОНДИЦИОНИРОВАНИЯ ВОЗДУХА**

Процедуры испытаний и методы измерений при сдаче в эксплуатацию систем вентиляции и кондиционирования воздуха

**VENTILATION AND AIR CONDITIONING SYSTEMS**

Test procedures and measuring methods for handing over installed ventilation and air conditioning systems

**Чинний від 2006-07-01**

**1 СФЕРА ЗАСТОСУВАННЯ**

Цей стандарт визначає перевіряння, методи випробування і вимірювальні прилади, застосовувані для підтвердження відповідності встановлених систем їхній призначеності на етапі здавання в експлуатацію.

Він дозволяє вибрати або прості методи випробування, там де це можливо, або, за необхідності, розширені вимірювання.

Цей стандарт поширюється на механічні системи вентиляції і кондиціонування повітря, як вони визначені в CR 12792, до складу яких може входити таке устаткування:

- пристрої на вході і виході та кондиціонери-доводжувачі;
- центральні кондиціонери;
- системи розподілення повітря (подавання, випускання, відсмоктування);
- протипожежні пристрої;
- пристрої автоматичного регулювання.

Цей стандарт не визначає процедуру настроювання, регулювання і балансування системи, так само як і процедуру перевіряння для внутрішнього контролювання якості до здавання в експлуатацію.

Цей стандарт не поширюється на:

- системи виробництва тепла і їхнє регулювання;
- холодильні системи і їхнє регулювання;
- системи доставки теплового і холодильного агентів до центральних кондиціонерів повітря;
- системи подавання стиснутого повітря;
- системи кондиціонування води;
- центральні системи виробництва пари для зволоження повітря;
- системи підведення електроенергії.

Цей стандарт відноситься до систем вентиляції і кондиціонування повітря, призначених для підтримання комфортних умов у будівлях, за винятком житлових будівель. Його не можна застосовувати для систем регулювання виробничих або інших спеціальних навколишніх середовищ. В останньому випадку, однак, до нього можна звертатися, якщо технологія такої системи аналогічна технології вищезгаданих систем вентиляції і кондиціонування повітря.

Цей стандарт не містить вимог до контракту на установлювання. Однак для спрощення застосовування цього стандарту у контракті на установлювання треба дотримуватись вимог, перелічених у додатку H.

**2 НОРМАТИВНІ ПОСИЛАННЯ**

Цей стандарт містить положення з інших публікацій через датовані й недатовані посилання. Ці нормативні посилання наведено у відповідних місцях тексту, а перелік публікацій наведено нижче. Для датованих посилань пізніші зміни чи перегляд будь-якої з цих публікацій стосуються цього стандарту тільки в тому випадку, якщо їх введено разом зі змінами чи переглядом. Для недатованих посилань треба користуватися останнім виданням відповідної публікації.

CR 12752 Ventilation for buildings — Design criteria for the indoor environment CR 12792 Ventilation for buildings — Symbols and terminology

EN 1822-1 High efficiency particulate air filters (HEPA and ULPA) — Part 1: Classification, performance testing, marking

EN 60584-1 Thermocouples — Part 1: Reference tables (IEC 60584-1:1995)

EN 60584-2 Thermocouples — Part 2: Tolerances (IEC 60584-2:1982 +A1:1989)

EN 60651 Sound level meters (IEC 651:1993)

EN 60751 Industrial platinum resistance thermometer sensors (IEC 751:1983 +A1:1986)

ENV 12097 Ventilation for buildings — Ductwork — Requirements for ductwork components to facilitate maintenance of ductwork systems.

**НАЦІОНАЛЬНЕ ПОЯСНЕННЯ**

CR 12752 Вентиляція будівель. Розрахункові критерії навколишнього середовища в приміщеннях

CR 12792 Вентиляція будівель. Символи і термінологія

EN 1822-1 Високоєфективні повітряні фільтри (HEPA і ULPA). Частина 1. Класифікування, методи випробовування, маркування

EN 60584-1 Термопар. Частина 1. Еталонні таблиці (IEC 60584-1:1995)

EN 60584-2 Термопар. Частина 2. Допуски (IEC 60584-2:1982 +A1:1989)

EN 60651 Шумоміри (IEC 651:1993)

EN 60751 Промислові платинові термічні сенсори опору (IEC 751:1983 +A1:1986)

ENV 12097 Вентиляція будівель. Повітроводи. Вимоги до складових частин повітроводів для спрощення обслуговування систем повітроводів.

### **3 ПРОЦЕДУРА ВИПРОБОВУВАННЯ І ПЕРЕВІРЯННЯ**

Треба виконувати такі дії в такій послідовності:

- a) Перевіряння комплектності.
- b) Функційне перевіряння.
- c) Функційне вимірювання.

Спеціальні вимірювання, описані в розділі 7 і додатку F, треба проводити тільки за потреби і за спеціальною згодою.

Функційне перевіряння системи і вимірювання в ній можна проводити до різного ступеня, що задається 4 рівнями (див. додаток D). Рівень треба вибирати відповідно до досягнутої угоди і зазначати в контракті на установлювання. Зведену таблицю різних випробовувань і вимірювань наведено на рисунку 1.



Рисунок 1 — Зведена таблиця випробувань і вимірювань для підтвердження якості системи

#### 4 ПЕРЕВІРЯННЯ КОМПЛЕКТНОСТІ

Перевіряють комплектність, щоб переконатися, що система встановлена повністю і відповідно до чинних технічних норм.

Ці перевіряння охоплюють:

- d) порівняння поставленої системи зі специфікацією, як за обсягом, так і за матеріалом, а за необхідності також і за характеристиками, і запчастинами;
- e) перевіряння відповідності технічним і юридичним нормам;
- f) перевіряння можливості доступу до системи для експлуатування, очищення і обслуговування;
- g) перевіряння чистоти системи згідно з ENV 12097;
- h) перевіряння наявності всієї документації, необхідної для експлуатування.

Опис перевіряння на комплектність подано в додатку А.

## 5 ФУНКЦІЙНЕ ПЕРЕВІРЯННЯ

Метою функційного перевіряння є підтвердження відповідності робочої продуктивності системи специфікації. Випробовування показує правильність установлювання і роботи окремих елементів системи, таких як фільтри, вентилятори, теплообмінники, охолоджувачі, зволожувачі тощо.

### 5.1 Підготовча робота

Роботи з установлювання системи, а також настроювання системи повинні бути завершені до початку випробовування.

У додатку В наведено огляд підготовчих робіт.

### 5.2 Процедура

Функційне перевіряння треба здійснювати для всіх видів установленого устаткування.

До початку перевіряння повинен бути складений план перевіряння.

Ступінь функційного перевіряння визначено в додатку D.

Місце перевіряння повинні заздалегідь погодити зацікавлені сторони.

Інструкції із процедури і список звичайних функційних перевірянь наведено в додатку С.

## 6 ФУНКЦІЙНЕ ВИМІРЮВАННЯ

Мета функційного вимірювання — одержати належне підтвердження того, що система досягла розрахункових умов і точок настроювання відповідно до специфікації.

Під час оцінювання результатів вимірювання у кондиційному просторі треба брати до уваги вплив фізичних характеристик будівлі.

### 6.1 Діапазон функційного вимірювання

У таблиці 1 визначено, результати яких вимірювань реєструють для різних типів систем вентиляції і кондиціонування повітря.

Ступінь функційного вимірювання визначено в додатку D.

**Таблиця 1** — Функційне вимірювання

Де проводять вимірювання	Центральна система/пристрій				Приміщення				
Параметри									
Тип системи та функції									
Система вентиляції									
(F)Z	1	1	0	1	2	0	0	2	0
(F)H	1	1	1	1	2	2	0	2	2
(F)C	1	1	1	1	2	2	2	2	2
(F)M/D	1	1	1	1	2	2	1	2	2
Часткова система кондиціонування									
(F)HC	1	1	1	1	2	1	2	2	2
(F)HM/HD/CM/CD	1	1	1	1	2	1	1	2	2
(F)MD	1	1	1	1	2	2	1	2	2
(P)HCM/MCD/CHD/HMD	1	1	1	1	2	1	1	2	2
Система кондиціонування									
(F)HCMD	1	1	1	1	2	1	1	2	2
* Зовнішнє повітря, припливне і відсмоктуване повітря.									
** Залежно від принципів регулювання, якщо необхідно.									

Пояснення до таблиці 1 :

0 — вимірювання не потрібне;

1 — вимірювати у всіх випадках;

2 — вимірювати тільки, якщо це передбачено контрактом;

C — охолодження;

D — осушення;

F — фільтрування;

H — нагрівання;

M — зволоження;

Z — без будь-якого термодинамічного оброблення повітря.

### 6.2 Процедура

Перш ніж розпочати функційне вимірювання, треба визначити місця вимірювання, а також погодити процедури

вимірювання і вимірювальні прилади і відобразити досягнуту угоду в технічній документації.

У приміщеннях, площа яких не перевищує 20 м<sup>2</sup>, вимірювати треба не менш ніж в одній точці; приміщення з більшою площею треба відповідно поділити на частини. Місця вимірювань треба вибирати в робочій зоні і там, де можна чекати самих несприятливих умов.

Під час вибирання вимірювальних приладів треба враховувати невизначеність (див. додаток G). Треба користуватися каліброваними приладами.

Внутрішні кліматичні умови, а також значення витрати повітря, продуктивності по теплу, холоду і зволоженню, електричні характеристики та інші розрахункові дані треба виміряти за розрахункової витрати повітря системи вентиляції. Припустимі відхилення вимірюваних величин залежно від обраних вимірювальних приладів наведено у таблиці 2.

**Таблиця 2** — Припустима невизначеність параметрів вимірювання

Параметр	Невизначеність*
Витрата повітря для кожного окремого приміщення	± 20 %
Витрата повітря для кожної системи	± 15%
Температура припливного повітря	±2 °C
Відносна вологість [RH]	± 15% RH
Швидкість повітря в робочій зоні	± 0,05 м/с
Температура повітря в робочій зоні	± 1,5 °C
Зважений за шкалою А рівень звукового тиску в приміщенні	± 3 дБа
* Невизначеності охоплюють як дозволені відхилення від розрахункових значень, так і будь-які похибки вимірювання.	

Якщо характеристики системи вимагають застосування більш вузьких невизначеностей, це повинно бути спеціально визначено в документації на систему. Якщо стандарти на виробі, національні або місцеві норми передбачають більш вузький діапазон невизначеностей, ці вимоги повинні бути дотримані; усі значення температури, продуктивності по теплу або холоду повинні одночасно відповідати даним невизначеностям.

### 6.3 Методи вимірювання і вимірювальні прилади

Додаток Е містить інформацію, що стосується методів вимірювання і вимірювальних приладів, застосованих для функційного вимірювання.

#### 6.3.1 Вимірювання витрати повітря

Витрату повітря можна оцінювати різними методами. Звичайно її обчислюють за швидкістю повітря і відповідним поперечним перерізом. Швидкість повітря можна вимірювати за допомогою відповідного анемометра або за падінням тиску на дросельному пристрої.

Значення витрати повітря бажано вимірювати на відповідному поперечному перерізі повітроводу. Так як швидкість повітря рідко буває однорідною, її варто вимірювати в досить великій кількості точок, а потім обчислювати середню швидкість. Можна також застосовувати вимірювання падіння тиску на дросельному пристрої.

Якщо поперечний переріз, розташований відповідним чином, відсутній, для визначення середньої швидкості повітря можна використовувати поперечні перерізи усередині корпусу кондиціонера або вентилятора. Такі вимірювання можна проводити за умови односпрямованого потоку і наявності безсумнівно відповідного поперечного перерізу.

Для пристроїв на вході і виході можна застосовувати інші методи (наприклад, метод мішка). Для пристроїв на виході з малим падінням тиску вимірювання можна проводити методом компенсації.

Різні методи вимірювання і вимірювальних приладів описано в Е.1.

#### 6.3.2 Вимірювання швидкості повітря в приміщенні

Повітряний потік у приміщенні звичайно являє собою турбулентний потік. Швидкість повітря в різних частинах приміщення різна, причому ці розходження, що стосуються величини і напрямку, носять випадковий характер. Тому точне вимірювання швидкості повітря є складним. Зазвичай досить виміряти середню швидкість в обраних точках (див. Е.2.1).

У приміщеннях, площа яких не перевищує 20 м<sup>2</sup>, досить вимірювати в одній точці. Вимірювати в більших приміщеннях (наприклад, у ландшафтних офісах) треба за тим самим принципом; для вимірювання у робочій зоні треба вибирати місця, де можна чекати більш високих швидкостей повітря. Бажано вимірювати в місцях, призначених для інтенсивного використання, наприклад, біля робочого стола в офісі.

Методи вимірювання і використовуваних вимірювальних приладів описано в Е.2.

#### 6.3.3 Визначення температури повітря і середньої радіаційної і робочої температури (див. Е.3)

Може виникнути необхідність вимірювати температуру в приміщенні, у пристрої на виході або у повітроводі.

Для вимірювання температури в приміщенні зацікавлені сторони повинні узгодити між собою точки вимірювання в робочій зоні.

У тому випадку, якщо можна очікувати теплового дискомфорту, викликаного високими або низькими температурами поверхонь (вікна, охолоджувальні або нагрівальні панелі тощо), може виникнути необхідність оцінювання робочої температури (див. Е.3.1).

#### 6.3.4 Вимірювання вологості повітря

За допомогою вимірювання вологості і температури повітря в приміщенні одержують інформацію про роботу системи в частині зволоження або осушування повітря.

У зв'язку з вимірюванням вологості повітря температуру повітря треба вимірювати в тих самих місцях. У разі

вимірювання в повітроводах і системах кондиціонування повітря треба уникати похибок вимірювання, спричинених інфільтруванням повітря з приміщення.

Необхідно скористатися записувальними приладами. Період записування повинен становити принаймні 24 години.

Прилади для вимірювання див. Е.4.

### **6.3.5 Вимірювання рівня звукового тиску**

На робочих місцях треба вимірювати А-зважений рівень звукового тиску. Відповідні умови всередині приміщення наведено в CR 1752 (див. також Е.5).

За границями будівлі вимірювання випромінювання шуму можуть бути необхідними в таких місцях, як границі приватного володіння або на відстані 0,5 м від відкритого вікна сусідньої будівлі з урахуванням будь-яких спеціальних умов.

В усіх випадках зовнішній рівень звукового тиску повинен бути зареєстрований, коли система є в неробочому стані.

### **6.3.6 Вимірювання споживаного струму**

Згідно з Е.6.

## **6.4 Супутні вимірювання**

Для реєстрування робочих умов під час функційного випробовування треба визначати такі дані, як:

- i) температура і вологість зовнішнього повітря;
- j) температура гарячої і холодної води в розподільнику або в повітронагрівачі і повітроохолоджувачі;
- k) витрата води в системі трубопроводів гарячої і холодної води;
- l) різниця тисків на насосах.

## **7 СПЕЦІАЛЬНЕ ВИМІРЮВАННЯ (див. додаток F)**

### **7.1 Загальні відомості**

Проведення цього вимірювання і використання відповідних вимірювальних приладів може вимагати значних витрат праці і коштів. Вони повинні бути спеціально обговорені в контракті із вказівкою вимірюваних характеристик.

Спеціальне вимірювання проводять у тих випадках, коли функційного вимірювання недостатньо для перевіряння якості системи з необхідною точністю.

Треба узгодити програму вимірювання, параметри, що підлягають вимірюванню, вимірювальні прилади і точки вимірювання. Узгодженню підлягає також припустима невизначеність результатів вимірювання. Угода повинна бути укладена до установаження системи. Трудовитрати і грошові витрати на вимірювання треба порівнювати з вимогами системи. Якщо не можна досягти необхідної невизначеності вимірювань за розумних витрат, клієнта варто повідомити про це відповідним чином у письмовому вигляді до початку вимірювань. Вимірювати повинні тільки особи, що мають необхідні знання і досвід.

Вимірювати можна тільки на устаткованні або на окремих частинах системи.

Може бути необхідним випробовувати систему під час її роботи в літній і зимовий періоди.

Там, де це можливо, режим роботи під час вимірювання повинен відповідати узгодженим умовам. У протилежному випадку повинна бути можливість вивести розрахункові дані. Для деяких складових частин (наприклад, для теплообмінника, охолоджувача) треба перетворювати результати вимірювання у розрахункові дані.

Якщо з якихось експлуатаційних або технічних міркувань неможливо вимірювати якийсь пристрій або елемент, коли він уже встановлений у систему, можна випробовувати цей елемент на випробовувальному стенді.

Під час оцінювання результатів вимірювання у кондиціонованому просторі треба враховувати вплив фізичних характеристик будівлі.

Рекомендовані вимірювальні прилади див. у F.1.

### **7.2 Параметри**

Див. F3.

### **7.3 Вимірювання на окремих складових частинах**

#### **7.3.1 Вентилятори**

##### **7.3.1.1 Вимірювання**

Для випробовування вентилятора, що є складовою частиною системи кондиціонування повітря, треба визначати такі дані:

- потік повітря відповідно до F 3.4;
- загальну різницю тисків;
- тиск і температуру на вимірюваному поперечному перерізі відповідно до P3.1. і P3.2;
- споживану потужність відповідно до F3.9;
- швидкість обертання (об/хв).

Швидкість обертання звичайно вимірюють за допомогою тахометра, стробоскопа або лічильника імпульсів.

##### **7.3.1.2 Невизначеність вимірювання**

Результати вимірювання повітряного потоку і загальної різниці тисків треба розраховувати за густини  $\rho = 1,2 \text{ кг/м}^3$ .

Під час оцінювання треба враховувати умови установаження і характеристики припливного повітря.

Невизначеність треба розраховувати відповідно до 7.5.

#### **7.3.2 Фільтри**

Див. також EN 779.

##### **7.3.2.1 Вимірювання**

Для випробовування встановленого в систему фільтра треба виміряти такі дані:

- потік повітря відповідно до F3.4;
- розподіл швидкостей на фільтрі відповідно до Е.1;
- падіння тиску відповідно до F. 3.1.

Треба переконатися, що фільтр встановлено правильно і через його ущільнення немає витікання.

Для високоефективних фільтрів класів H і U відповідно до EN 1822-1 варто переконатися у відсутності витікання



через фільтрувальний матеріал, з'єднання між фільтром і рамою і через саму раму.

Залежно від умов установлювання фільтра для випробовування фільтра можна використовувати один із двох методів:

- випробовування на масляну нитку;
- метод підрахування часток.

#### **7.3.2.2 Невизначеність вимірювань**

Невизначеність вимірювань повітряного потоку і падіння тиску треба розраховувати відповідно до 7.5.

#### **7.3.3 Теплообмінники**

Припускають, що є характеристичні криві теплообмінника (експлуатаційні характеристичні дані), з яких можна побачити нагрівання або охолодження повітря як різницю температур або як відносний параметр (співвіднесений з максимальною різницею температур) як функція іншого масового потоку (наприклад, води), а також падіння тиску повітря як функція повітряного потоку.

Для повітроохолоджувачів, конструкція яких така, що наявна конденсація води, характеристичні криві, з урахуванням випадання вологи на всій охолоджувальній поверхні, мають вирішальне значення, зокрема і для роботи у вологому режимі. У цьому випадку замість значень температури треба використовувати значення ентальпії.

Система утилізації тепла являє собою окремий випадок теплообмінника, тому тут діють ті самі правила, що і для теплообмінників.

Для регенеративних систем утилізації тепла, які переносять також і вологу (категорія III), характеристичними параметрами є і нагрівання, і зволоження (зворотний показник вологості).

У загальному випадку треба випробовувати не тільки параметри, що визначають теплові характеристики і падіння тиску, але й однорідність температури на поперечному перерізі повітроводу після кожного окремого теплообмінника.

##### **7.3.3.1 Вимірювання**

Повинні бути виміряні такі параметри:

- потік повітря і температура повітря на вході і виході теплообмінника;
- максимальний відхил температури повітря від середньої величини на вході і виході теплообмінника;
- падіння тиску в повітряному потоці і потоці теплоносія або холодоносія.

Додатково повинні бути виміряні такі характеристики:

- для повітронагрівачів: витрата теплоносія і його охолодження, а також вологість повітря на пристроях входу і виходу;
- для повітроохолоджувачів: витрата холодоносія і його теплоприплив, а також зниження вологості повітря;
- для систем утилізації тепла з переносом вологи (категорія III): збільшення вологості (зворотний показник вологості);
- для регенеративних систем утилізації тепла (категорії II і III): витрата теплоносія (наприклад, також непрямий через обертання ротора) і потужність, споживана двигуном приводу (наприклад, на приведення в дію циркуляційного насоса).

За наявності характеристичних графіків достатньо вимірювати в одній робочій точці.

Якщо характеристичні графіки відсутні, а виміряна витрата повітря істотно відрізняється від розрахункового номінального значення ( $> 30\%$ ), показник нагрівання (зворотний показник нагрівання) або показник охолодження треба виміряти принаймні за трьох різних значень витрати повітря, а результати перераховуватися для розрахункової робочої точки. При цьому масова витрата іншого середовища повинна утримуватися в розрахунковому діапазоні ( $\pm 20\%$ ).

Вимірюють на повітронагрівачах перед і за зволожувачем, головним чином, одночасно з вимірюванням на зволожувачі (див. 7.3.4). Немає необхідності проводити окремі вимірювання на окремих теплообмінниках і на працюючому без них зволожувачі. При цьому припускають, що завдяки однорідності температури на повітряному вході повітронагрівача температури на виході повітря з повітронагрівача не відрізняються на поперечному перерізі від середнього значення більш ніж на  $10\%$ . У цьому випадку досить виміряти витрату теплоносія і його охолодження на одному з теплообмінників. Теплопродуктивність окремих повітронагрівачів розраховують за загальною теплопродуктивністю і за різницями ентальпій, узятими з «h, x-діаграми» (див. рисунок G. 12). Змінювання стану повітря в зволожувачі визначають за температури повітря на вході і:

- для форсуноквих або зрошувальних зволожувачів — за температури на вологому термометрі на виході (у той час як для рециркуляційних зволожувачів, квазіадіабатичних, що працюють у рівновазі, важливо вимірювати температуру води замість температури повітря);
- для парових зволожувачів або зволожувачів з упорскуванням пари — за температури пари.

За необхідності тепловий баланс повинен враховувати теплові потоки через стінки повітроводу або корпусу вентиляторів.

##### **7.3.3.2 Невизначеність вимірювань**

Граничні значення невизначеності вимірювань треба обчислювати згідно з 7.5.

#### **7.3.4 Повітрозволожувачі**

Для вимірювання на повітрозволожувачах діють ті самі правила, що і для теплообмінників (див. 7.3.3). Вимірювати треба одночасно з вимірюванням на теплообмінниках під час того самого випробовування (див. 7.3.3.1).

Для форсуноквих або зрошувальних повітрозволожувачів припускають, що є характеристичні криві, що показують зволоження як різницю значень вмісту вологи в повітрі або як відносний параметр, співвіднесений з максимальною різницею значень вмісту вологи і падінням тиску повітря

Система утилізації тепла являє собою окремий випадок теплообмінника, тому тут діють ті самі правила, що і для теплообмінників.

Для регенеративних систем утилізації тепла, які переносять також і вологу (категорія III), характеристичними параметрами є і нагрівання, і зволоження (зворотний показник вологості).

У загальному випадку треба випробовувати не тільки параметри, що визначають теплові характеристики і падіння

тиску, але й однорідність температури на поперечному перерізі повітроводу після кожного окремого теплообмінника.

#### **7.3.4.1 Вимірювання**

Повинні бути виміряні такі параметри:

- потік повітря і температура повітря на вході і виході теплообмінника;
- максимальний відхил температури повітря від середньої величини на вході і виході теплообмінника;
- падіння тиску в повітряному потоці і потоці теплоносія або холодоносія.

Додатково повинні бути виміряні такі характеристики:

- для повітрянагрівачів: витрата теплоносія і його охолодження, а також вологість повітря на пристроях входу і виходу;
- для повітроохолоджувачів: витрата холодоносія і його теплоприплив, а також зниження вологості повітря;
- для систем утилізації тепла з переносом вологи (категорія III): збільшення вологості (зворотний показник вологості);
- для регенеративних систем утилізації тепла (категорії II і III): витрата теплоносія (наприклад, також непрямої через обертання ротора) і потужність, споживана двигуном приводу (наприклад, на приведення в дію циркуляційного насоса).

За наявності характеристичних графіків достатньо вимірювати в одній робочій точці.

Якщо характеристичні графіки відсутні, а виміряна витрата повітря істотно відрізняється від розрахункового номінального значення ( $> 30\%$ ), показник нагрівання (зворотний показник нагрівання) або показник охолодження треба виміряти принаймні за трьох різних значень витрати повітря, а результати перераховуватися для розрахункової робочої точки. При цьому масова витрата іншого середовища повинна утримуватися в розрахунковому діапазоні ( $\pm 20\%$ ).

Вимірюють на повітрянагрівачах перед і за зволожувачем, головним чином, одночасно з вимірюванням на зволожувачі (див. 7.3.4). Немає необхідності проводити окремі вимірювання на окремих теплообмінниках і на працюючому без них зволожувачі. При цьому припускають, що завдяки однорідності температури на повітряному вході повітрянагрівача температури на виході повітря з повітрянагрівача не відрізняються на поперечному перерізі від середнього значення більш ніж на  $10\%$ . У цьому випадку досить виміряти витрату теплоносія і його охолодження на одному з теплообмінників. Теплопродуктивність окремих повітрянагрівачів розраховують за загальною теплопродуктивністю і за різницями ентальпій, узятими з «h, x-діаграми» (див. рисунок G. 12). Змінювання стану повітря в зволожувачі визначають за температури повітря на вході і:

м) для форсункових або зрошувальних зволожувачів — за температури на вологому термометрі на виході (у той час як для рециркуляційних зволожувачів, квазіадіабатичних, що працюють у рівновазі, важливо вимірювати температуру води замість температури повітря);

п) для парових зволожувачів або зволожувачів з упорскуванням пари — за температури пари.

За необхідності тепловий баланс повинен враховувати теплові потоки через стінки повітроводу або корпусу вентиляторів.

#### **7.3.4.2 Невизначеність вимірювань**

Граничні значення невизначеності вимірювань треба обчислювати згідно з 7.5.

## 7.4 Перевіряння систем регулювання, контролювання і вмикання

### 7.4.1 Загальні відомості

Для перевіряння характеристик контролювання і для того, щоб переконатися, що контрольні і регулювальні пристрої правильно виконують свої функції стосовно керованої ними системи, недостатньо випробовувати окремі пристрої системи, тому що успішне контролювання залежить не тільки від характеристик передавання контрольного пристрою, але і від характеристик самої системи.

Безпосередньо поруч із давачами, установленими в трубах, камерах і повітроводах, повинна бути зручна для вимірювань точка, або, що є кращим, ці давачі повинні бути обладнані індикаторами, що дозволяють перевірити фактичну виміряну величину.

Для давачів різниці тисків або для регуляторів, у яких немає індикатора, рекомендовано мати не менше двох з'єднань під тиском, що закриваються для вимірювань під час випробовування.

### 7.4.2 Регулятори

а) Напрямок дії виконавчого елемента

Треба змінити задане значення в позитивному і негативному напрямку і переконатися, що напрямок виконавчого елемента змінюється правильно.

б) Задане значення регульованої величини

Для одного або кількох заданих значень (відповідно до специфікації) треба перевірити, що за заданого режиму фактичне значення регульованої величини збігається із заданим. У випадку застосування програмованих контролерів треба визначити режим обговореного навантаження.

в) Вплив еталонних контролерів

Для еталонних регуляторів треба перевірити, що для лінійної залежності градієнт, напрямок дії виконавчого механізму і робоча точка відповідають вимогам. Для нелінійної залежності криву треба перевіряти на узгоджені значення.

г) Еталонний каскадний контролер

Якщо еталонний каскад складається із двох контрольних контурів, ведучого і веденого, перевіряти стабільність треба для кожного із цих контурів.

## 7.5 Невизначеність вимірювань

### 7.5.1 Загальні відомості

Під час кожного вимірювання завжди наявна невизначеність, що впливає зі схеми і методу вимірювання, вимірювального устаткування і зчитування показів. Для величини, обчисленої на підставі вимірювання кількох окремих величин, невизначеність результувальної величини визначають застосуванням закону поширення невизначеностей окремих вимірюваних величин. Припускають, що невизначеності незалежні одна від одної і для кожної з них виконують нормальний розподіл Гауса. Отже, наприклад, дві випадково обрані величини можуть мати невизначеність у тому самому напрямку. Однак невизначеність для кожного параметра буде перебувати в межах, установлених у попередніх розділах. Якщо робочі характеристики змінюються під час періоду вимірювання, треба враховувати вплив таких змін на результати вимірювання. Якщо буде потреба, вимірювання треба повторити кілька разів для того, щоб визначити величину таких впливів.

### 7.5.2 Невизначеність результатів вимірювання

Під час визначення невизначеності вимірювання треба враховувати такі чинники:

- о) невизначеність, викликану впливами в точці вимірювання;
- р) невизначеність показів;
- q) невизначеність середніх значень (якщо вимірюваний параметр коливається);
- г) невизначеність дисплея вимірювального устаткування (похибка вимірювального устаткування);
- с) невизначеність характеристик речовин, наприклад, густину;
- т) невизначеність під час перетворювання.

Межа невизначеності первинних вимірюваних параметрів залежить від перших чотирьох із перерахованих джерел невизначеності. В окремих розділах даного стандарту наводять еталонні значення очікуваної невизначеності вимірювання. Там, де це можливо, варто оцінювати невизначеність вимірювання до проведення вимірювання, обчислень на основі вимірювання і запису в протоколі вимірювання.

Користуючись законом поширення похибки, загальну невизначеність можна обчислити, виходячи з невизначеностей окремих вимірюваних параметрів у такий спосіб.

Якщо результат вимірювання  $x$  утворений сумою або різницею кількох окремих вимірюваних величин  $X_i$ , наприклад:

$$x = X_1 + X_2 - X_3 + \dots + X_i,$$

тоді загальну невизначеність  $V_y$  визначають за формулою:

$$V_y = \pm \sqrt{V_1^2 + V_2^2 + V_3^2 + \dots + V_i^2}.$$

Тут  $V_i$  — окрема невизначеність (довірча границя).

Якщо результат вимірювання  $x$  являє собою добуток або частку кількох окремих вимірюваних величин  $X_i$ , наприклад:

$$x = \frac{X_1 \cdot X_2}{X_3},$$

тоді треба користуватися відносною невизначеністю:

$$\tau = \frac{V}{x}.$$

При цьому загальну невизначеність буде виражено як

$$t_y = \pm \sqrt{\tau_1^2 + \tau_2^2 + \tau_3^2}.$$

Якщо результат вимірювання являє собою ступеневу функцію кількох окремих величин, наприклад:

$$x = \frac{x_1^2 \cdot \sqrt{x_2}}{x_3},$$

тоді загальну невизначеність обчислюють за формулою:

$$\tau_y = \pm \sqrt{(2\tau_1)^2 + \left(\frac{1}{2}\tau_2\right)^2 + \tau_3^2}.$$

### 7.5.3 Обчислювання похибки вимірювального устаткування

Невизначеність вимірюваних параметрів визначають як довірчу границю загальної невизначеності вимірювання для статистичного довірчого рівня  $P = 95\%$ .

Границі похибки (довірчі границі) окремих вимірювальних приладів, таким чином, визначають:

- застосовуючи правила для конкретного окремого вимірювання (наприклад, вимірювання витрати);
- на підставі відомих границь похибки (класів точності) вимірювального устаткування, якщо відсутнє калібрування вимірювального устаткування;
- якщо вимірювальне устаткування відкаліброване — за невизначеністю, визначеною під час випробовувань;
- відповідно до загального досвіду вимірювання.

Приклад невизначеності вимірювання долучено у додаток К.

## ДОДАТОК А (довідковий) ПЕРЕВІРЯННЯ КОМПЛЕКТНОСТІ

### А.1 Документи, передані клієнтові

#### А.1.1 Список основних концептуальних даних, що потребують узгодження:

- Базові концептуальні дані для характеристик системи (для кожної функційної частини);
- умови в приміщенні (влітку, взимку) і невизначеності;
- час роботи;
- теплові навантаження в приміщенні (тривалість, тип);
- інші джерела емісії;
- пристрої на виході;
- витрата зовнішнього повітря за нормальних (мінімальних, максимальних) або розрахункових умов зовнішнього повітря;
- кількість людей у приміщенні;
- фізичні характеристики будівлі (фасадні системи, вікна, козирки, покрівлі тощо);
- відношення тиску в приміщенні до тиску в сусідніх зонах (+/-);
- швидкості повітря в приміщенні;
- зважений за шкалою А рівень звукового тиску в приміщенні і зважений за шкалою А рівень звукового тиску на виході із приміщення і отворі викидного повітря;
- клас забрудненості (підстава для вимірювання);
- типи фільтрів (класи фільтрів);
- основні метеорологічні дані (літо (зима));
- опалювання, охолодження, електроенергія;
- розрахункові дані для теплообмінника (літні (зимові) температури);
- якість води;
- різниця тисків у точці передавання енергії;
- напруга і частота струму в мережі.
- Базові дані для перевіряння економічної ефективності для оптимізації експлуатаційних витрат на етапі планування:
  - вартість енергії;
  - час роботи систем протягом року;
  - прибуток на вкладений капітал (відсотки на вкладений капітал);
  - витрати на оплату праці персоналу;
  - параметр для змінювання витрат;
- інші основні дані.

#### А.1.2 Інвентарні документи:

Інвентарний опис зі специфікаціями на всі компоненти системи кондиціонування повітря:

- Інвентарні кресленики в погодженому масштабі, кольорові.
- Схеми з'єднання для системи кондиціонування повітря, охоплюючи схеми автоматичного контролювання.
- Схеми керування, охоплюючи схеми електропроводки і трубопроводів (схеми виводів).
- Схеми для всіх систем керування, охоплюючи схеми виводів.
- Сертифікати на спеціальні компоненти (наприклад, протипожежні клапани).
  - Звіт компанії, що робила установлювання, про виконання нагляду.

#### А.1.3 Документи на експлуатування і обслуговування:

- Звіт про проведення належного інструктажу експлуатаційного персоналу, якщо такий є.
- Журнал експлуатування і виявлених неполадок.
- Інструкції користувачеві для всіх компонентів системи.
- Список запчастин з докладним описом усіх деталей системи, схильних до зношування.

- Список компонентів автоматичного контрольного устаткування (сенсорних елементів, контролерів, регуляторів, контакторів, переривників).
- Документація з програмного забезпечення для програмувальних і цифрових автоматичних систем керування.

## **A.2 Випробовування**

### **A.2.1 Загальні випробовування:**

- Доступність компонентів для експлуатування і обслуговування.
- Чистота пристроїв, теплообмінників і системи розподілу.
- Розташування отворів для чистильних пристроїв і підведення повітроводів і можливість доступу до них.
- Повнота маркування і позначення типу.
- Відповідність протипожежних засобів плановим (розташування протипожежних клапанів, наявність вогнестійких покриттів тощо).
- Відповідність теплоізоляції і паронепроникної ізоляції запланованим.
- Відповідність заходів антикорозійного захисту монтажних і опорних конструкцій передбаченим у контракті.
- Установлювання пристроїв і кріплення повітроводів, що попереджають вібрацію.
- Заходи щодо заземлювання всіх пристроїв і системи повітроводів.

### **A.2.2 Окремі випробовування:**

#### **A.2.2.1** Випробовування центральних пристроїв, вентиляторів:

- Перевіряння правильності розташування окремих компонентів.
- Перевіряння номінальних характеристик, зазначених на таблиці.
- Конструкція і характеристики (наприклад, подвійний корпус).
- Випробовування пристроїв і гнучких з'єднань на герметичність огляданням.
- Установлювання віброглушників.
- Кріплення двигуна.
- Кількість клиноподібних ременів (охоплюючи поставку запчастин).
- Захист клиноподібних ременів.
- Дренаж з ущільнювальною прокладкою для зливу конденсату.
- Перевіряння розташування лопаток вентилятора (загнуті уперед, назад).
- Випробовування швидкості вентилятора і швидкості двигуна відповідно до номінальних характеристик на таблиці.

#### **A.2.2.2** Теплообмінник

- Перевіряння номінальних характеристик, зазначених на таблиці.
- Перевіряння герметичності усередині корпусу.
- Перевіряння на можливі ушкодження (наприклад, неправильно вигнуті пластинки).
- Перевіряння матеріалу, з якого виконано теплообмінник.
- Перевіряння напрямку входу і виходу на з'єднанні водяного контуру.
- Перевіряння стану установлювання регулювальних клапанів.
- Перевіряння вологовіддільників на можливі ушкодження.
- Протиобліднювальний пристрій зовні (усередині) теплообмінника.

#### **A.2.2.3** Повітряний фільтр

- Перевіряння системи фільтра і його якості на відповідність позначенню типу.
- Перевіряння установлення і герметичності з'єднання з корпусом.
- Перевіряння системи фільтра на можливі ушкодження.
- Перевіряння індикатора різниці тисків на можливі ушкодження, а також рівня рідини в ньому.
- Перевіряння комплекту запасних фільтрів (комплект відповідно до контракту).
- Перевіряння на чистоту.

#### **A.2.2.4** Зволожувач повітря

- Перевіряння номінальних характеристик, зазначених на таблиці.
- Перевіряння умов установлення, охоплюючи об'єм зволожувальної камери.
- Перевіряння комплектності окремих елементів (насос, регулятор рівня води, система очищення).
- Перевіряння системи розподілу води (пари).

#### **A.2.2.5** Вхідний отвір зовнішнього повітря

- Перевіряння розміру, матеріалу і конструкції захисних ґрат.

#### **A.2.2.6** Багатостулчасті клапани

- Перевіряння системи і ущільнення (наприклад, під час установлювання стулок у паралельному і перпендикулярному положенні).

#### **A.2.2.7** Протипожежні клапани

- Перевіряння умов установлення.
- Сертифікаційний знак.
- Перевіряння відповідності типу деблокувального пристрою.

#### **A.2.2.8** Система повітроводів

- Випробовування системи з'єднань на герметичність перевірянням місць з'єднань, огляданням.
- Перевіряння відповідності трубних з'єднань контракту.
- Перевіряння герметичності фільтрувального матеріалу.

#### **A.2.2.9** Змішувальна камера і камера упорскування, за повітронагрівачем тощо

- Перевіряння за місцем на предмет відповідності розрахунковим даним.

#### **A.2.2.10** Пристрої входу (виходу) повітря (припливного повітря, викидного повітря)

- Перевіряння типу, кількості і розташування пристроїв на предмет відповідності розрахунковим даним.

#### **A.2.2.11** Контрольні пристрої і шафи керування

- Перевіряння кожного замкнутого контуру системи керування на предмет її комплектності відповідно до схеми

керування.

- Перевіряння розміщення давачів.
- Перевіряння комплектності і розміщення регуляторів.
- Оглядання шаф керування на предмет відповідності їхніх характеристик контракту:
- розташування, можливість доступу;
- розміщення силових деталей і регулювальних деталей; система захисту;
- вентиляція;
- маркування;
- типи кабелів;
- заземлювання;
- схеми з'єднання в корпусах.

## ДОДАТОК В (обов'язковий) ПІДГОТОВЧІ РОБОТИ ДЛЯ ФУНКЦІЙНОГО ПЕРЕВІРЯННЯ

Перш ніж розпочати функційне перевіряння, треба виконати такі роботи:

- випробувальний прогін всієї системи за різних навантаж;
- настроювання повітряного потоку і розподілення повітря залежно від спеціальних робочих умов;
- настроювання дросельних елементів усередині повітроводів;
- настроювання і перевіряння захисного устаткування;
- настроювання системи керування і протиобліднювальної системи;
- настроювання автоматичних контролерів;
- визначення подавання повітря на кожному пристрої входу і виходу, за необхідності настроювання напрямку потоку;
- настроювання і перевіряння запірних пристроїв для вогню і диму;
- настроювання дросельних елементів усередині системи нагрівальних, охолоджувальних і зволожувальних повітроводів залежно від необхідних робочих характеристик;
- настроювання системи електроживлення відповідно до розрахункових умов;
- передавання даних усіх вимірювань, проведених під час настроювання;
- інструктаж операторів, якщо такі є.

## ДОДАТОК С (довідковий) ФУНКЦІЙНЕ ПЕРЕВІРЯННЯ

### **С.1 Загальні відомості**

Порядок проведення функційного перевіряння повинен бути таким: від устаткування або його елементів через підсистеми до систем у цілому.

Елементи і підсистеми повинні працювати у своїх спеціальних режимах (наприклад, нагрівання (охолодження), у робочий (неробочий) час, з повною і частковою продуктивністю, аварійні умови — залежно від необхідності того або іншого режиму). Це саме стосується і пристроїв внутрішнього блокування і умовних регуляторів, контрольних послідовностей і моделювання позаштатних ситуацій, для яких передбачена особлива система або особлива реакція регулятора.

Треба проводити спостереження за фактичними фізичними реакціями елементів системи. Не можна покладатися на контрольні сигнали та інші непрямі індикатори, тому що вони можуть бути неадекватні. Варто спостерігати також за тим, що відбувається на вході і виході контрольних елементів, щоб переконатися, що ці елементи функціують нормально.

Однак функціонування контролера може бути перевірене за допомогою послідовної зміни заданого значення в одну та іншу сторону з одночасним перевірянням надаваної контролером дії. Якщо під час цього перевіряння буде знайдена несправність, варто перевірити фізичний сигнал на вході.

Варто провести спостереження за стабільністю системи в цілому.

До функційного перевіряння повинно бути долучено підтвердження звіту про раніше проведені випробування, настроювання і балансування системи.

### **С.2 Окремі перевіряння складових частин системи**

#### **С.2.1 Центральні пристрої, вентилятори**

- Напрямок обертання вентиляторів.
- Швидкість або інший параметр регулювання повітряного потоку вентиляторів.
- Перемикач.
- Вмикання і вимикання системи регулювання і керування клапанами.
- Протиобліднювальна система.
- Напрямок руху багатостулчастих клапанів.
- Функціонування і напрямки регулювання контрольних пристроїв.
- Запобіжні пристрої на електродвигунах.

#### **С.2.2 Теплообмінник**

- Функціонування і напрямки регулювання контрольних пристроїв.
- Напрямок обертання циркуляційних насосів і теплообмінників.
- Функціонування регулятора ротаційних теплообмінників.
- Подавання теплоносія і холодоносія.

#### **С.2.3 Повітряний фільтр**

- Індикація і контролювання різниці тисків.

#### **С.2.4 Зволожувач**

- Функціонування регулятора.
- Подача і очищення.

- Функціонування і робота циркуляційних насосів.

### **C.2.5 Багатоступчасті клапани**

- Перевіряння напрямку руху виконавчого механізму.

### **C.2.6 Пожежні клапани**

- Випробовування деблокувального пристрою і деблокувального сигналу.

- Випробовування напрямку і меж руху клапана і роботи індикатора.

### **C.2.7 Змішувальна камера і камера упорскування, за повітрянагрівачем тощо**

- Перевіряння функцій регулювання і контролювання.

### **C.2.8 Система повітроводів**

- Дросельні елементи, установлені усередині нагрівальних, охолоджувальних і зволожувальних повітроводів.

- Можливість доступу до повітроводів.

### **C.2.9 Пристрої входу (виходу) повітря (припливне повітря, викидне повітря)**

- Перевіряння функціонування за місцем.

- Випробовування димом для первісного оцінювання повітряного потоку в приміщенні, а також для виявлення циркулювання повітря в окремих точках усередині приміщення.

### **C.2.10 Контрольні пристрої і шафи керування**

Місцеве перевіряння функціонування автоматичних регуляторів і синхронізації роботи за різних робочих режимів за допомогою різних настроювань заданих значень, а саме:

- Задане значення температури в приміщенні.
- Задане значення вологості в приміщенні.
- Пускач.
- Функціонування протиобліднювальної системи.
- Протипожежні клапани (деблокування і сигнал).
- Регулювання повітряного потоку.
- Системи утилізації тепла.
- Інтерфейс із системами пожежної безпеки.

ДОДАТОК D (обов'язковий)

## **ВИЗНАЧАННЯ СТУПЕНЯ ФУНКЦІЙНОГО ПЕРЕВІРЯННЯ АБО ВИМІРЮВАННЯ**

### **D.1 Загальні відомості**

У випадку функційного перевіряння системи або вимірювання у системі часто виникає необхідність повторення тієї самої процедури в різних місцях системи.

Для скорочення обсягу робіт можна застосовувати місцеве перевіряння.

У даному додатку задають метод для визначання необхідної кількості перевірянь або вимірювань, проведених у вищеописаному випадку.

Ступінь перевіряння треба задавати раніше за установлення одним із чотирьох рівнів А, В, С або D. Якщо ступінь не заданий, приймають рівень А.

Ці рівні не залежать від класів, що відносяться до інших аспектів, таких як рівень комфортності тощо.

Якщо спеціально не обумовлено інакше, рівень функційного вимірювання повинен бути тим самим, що і для функційного перевіряння.

### **D.2 Визначання**

#### **D.2.1 Параметр**

Стан елемента системи (реакція на дію регуляторів, робочі умови тощо), що його треба перевіряти, або фізичні величини (наприклад, температура, витрата повітря, струм), які треба вимірювати.

#### **D.2.2 Аналогічні ділянки**

Частини будівлі (приміщення, зони) або елементи системи (вентилятори, повітряні дифузори, повітроводи, вентиляційно-опалювальні агрегати тощо), які мають функції того самого типу і стосовно яких система робить дії того самого порядку величини.

### **D.3 Визначання загального числа $n$ аналогічних ділянок**

Для того, щоб системи, елементи будівлі або елементи системи вважалися аналогічними, необов'язково, щоб вони були ідентичні, або ж їхні параметри мали ідентичні значення (номінальні або реальні), наприклад, усі повітряні дифузори одного типу, що обслуговують приміщення порівнянних між собою розмірів, треба розглядати як аналогічні ділянки для вимірювання значень витрати повітря.

Якщо конструкція системи така, що параметр зберігає те саме значення для ряду аналогічних ділянок, можна розглядати тільки одну ділянку. Наприклад, якщо температура припливного повітря регулюється тільки по зонах, її можна вимірювати тільки в одній точці кожної зони. Отже, для кожного даного параметра питання аналогічності ділянки треба вирішувати окремо, залежно від конструкції і регулювання системи.

Якщо систему встановлюють одночасно група осіб, що працюють аналогічним чином, загальне число аналогічних ділянок, виділених у будівлі, повинне прийматися рівним  $n$ , навіть якщо усередині системи можуть бути виділені підсистеми.

Наприклад, якщо 10-поверхова будівля обслуговується окремою системою кондиціонування на кожному поверсі, причому в кожній із систем встановлено 20 дифузоров, розрахунок повинен вестися для  $n = 20$  дифузоров.

### **D.4 Ступінь перевіряння або вимірювання**

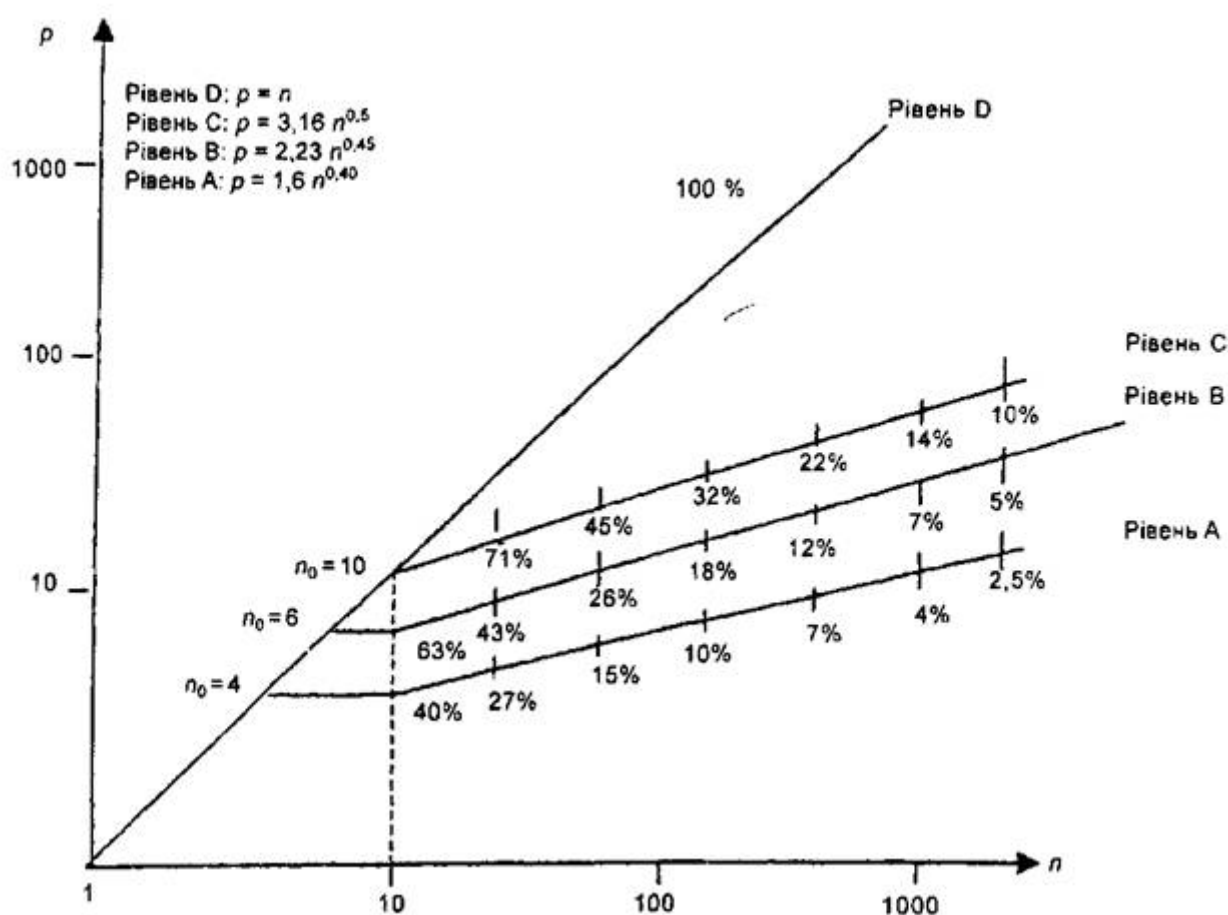
Перевіряти і вимірювати треба не менше ніж для  $p$  ділянок із загального числа аналогічних ділянок  $n$ .  $p$  задається кривими, показаними на рисунку D.1, як функція від  $n$  і рівнів А, В, С і D ступеня функційного перевіряння і вимірювання.

Під час перевіряння настроювання системи для контролювання якості перед здаванням в експлуатацію кількість перевірянь або вимірювань звичайно буде більше зазначеного на рисунку D.1.

Якщо вимірюють в аналогічних приміщеннях, деякі параметри можна вимірювати в меншій кількості приміщень, що становить тільки деяку частку числа  $p$ . У таблиці D.1 наведено дані про кількість необхідних вимірювань.

Приклади визначання кількості функційних перевірянь або вимірювань наведено в додатку I.  
Таблиця D.1 — Кількість необхідних вимірювань як частка числа  $p$

Параметр	Кількість в нормальна	вимірювань мінімальна
Температура повітря в приміщенні, постійно вимірювана протягом 24 годин	$p/10$	1
Вологість повітря в приміщенні, постійно вимірювана протягом 24 годин	$p/10$	1
Вертикальний профіль температур	$p/10$	1
Швидкість повітря в приміщенні	$p/10$	1
Рівень звукового тиску	$p/5$	3



На графіку показано приблизні відсоткові значення  $p/n$ . Числа  $p$  повинні бути округлені до найближчого цілого числа. Формули для рівнів A, B, C і D правильні для  $n \geq 10$ .

Рисунок D.1 — Кількість  $p$  аналогічних елементів, які треба випробувати із числа  $n$ .

#### ДОДАТОК E (обов'язковий)

### МЕТОДИ ВИМІРЮВАННЯ І ВИМІРЮВАЛЬНІ ПРИЛАДИ ДЛЯ ФУНКЦІЙНОГО ВИМІРЮВАННЯ

#### E.1 Вимірювання витрати повітря

Вимірювання можна проводити або

- у поперечному перерізі повітроводу, або
- з дросельними пристроями, або
- у поперечному перерізі камери або приладу, або
- на пристроях входу або виходу повітря.



Якщо є відповідна вимірювальна секція (див. таблицю Е.1), вимірювання треба проводити усередині повітроводу. Якщо такої секції немає, поперечні перерізи усередині центрального пристрою або іншого пристрою можна використовувати для визначання середньої швидкості повітря. Це вимірювання можна застосовувати за умови однорідності потоку і наявності відповідного поперечного перерізу. Прямі вимірювання на пристроях входу і виходу повітря можливі тільки у випадку дуже простої конструкції цих пристроїв (наприклад, сопло з відомим поперечним перерізом). Звичайно буває необхідним використовувати додатковий вимірювальний прилад.

#### **Е.1.1 Вимірювання на поперечному перерізі повітроводу**

У встановлених системах вимогу щодо рівномірного розподілу швидкості за поперечним перерізом повітроводу рідко виконують. Як наслідок, звичайно необхідно поділяти поперечний переріз на досить велику кількість полів за допомогою «сіткового вимірювання», щоб визначити середню швидкість повітря за обмірюваних швидкостей і відповідних полів.

Під час сіткового вимірювання, крім точності вимірювальних приладів, важливе значення має також і число точок вимірювання. Під час вимірювання необхідно точно витримувати координати точок вимірювання і напрямок пробника.

Треба звертати увагу на вплив з боку вихрового потоку.

У таблиці Е. 1 наведено мінімальні числа точок вимірювання для невизначеностей 10 % і 20 %, охоплюючи похибку 5 % (у таблиці Е. 1 10/5 і 20/5) або 10 % (у таблиці Е. 1 20/10) вимірювального приладу як функцію від відносної відстані  $a/D_n$ .

Відносна відстань  $a/D_n$  впливає з відношення відстані між вимірювальною секцією і розташованою вище перешкодою до гідравлічного діаметра  $D_n^{(1)}$  повітроводу в площині вимірювання.

Таблиця Е. 1 — Необхідне число точок вимірювання як функція від відносної відстані  $a/D_n$  від перешкоди

Відносна відстань $a/D_n$	Загальна невизначеність, % / невизначеність усіх інших впливів, %		
	<u>10/5</u>	20/5	20/10
1,6	-	15	20
2,0	50	10	14
2,5	34	7	10
3,0	25	6	8
4,0	16	4	5
5,0	12	3	3
6,0	8	2	3

#### **Е.1.1.1 Метод для прямокутних повітроводів (простий метод)**

У прямокутних повітроводах поперечний переріз, на якому вимірюють, повинен бути поділений на елементи, рівні по площі (див. мал. G.3). Тоді відносну відстань від точки вимірювання до стінки повітроводу задають такою формулою:

$$\frac{y_i}{H} = \frac{x_i}{B} = \frac{2i - 1}{2n},$$

де  $y_i, x_i$  — координати точки вимірювання;

$B$  — ширина повітроводу;

$H$  — висота повітроводу;

$i$  — порядковий номер точки вимірювання (на прямій вимірювання);

$n$  — число точок вимірювання (на прямій вимірювання)

(див. також таблицю G.4).

Термін «простий метод» стосується всіх методів вимірювання, у яких не можуть бути зроблені спеціальні допущення щодо профілю швидкості. Поле швидкості вимірюють у точці за точкою за будь-яким бажаним числом прямих вимірювання. Число точок вимірювання залежить не тільки від геометричного розміру поперечного перерізу, але також і від профілю швидкості, що є визначальним чинником. В областях більших різниць швидкостей відстань між точками вимірювання повинна бути менша, і оцінка вимірювань повинна бути відповідно інша.

#### **Е.1.1.2 Метод для круглих повітроводів (метод центроїдної осі)**

Профіль швидкості треба визначати принаймні на двох діаметрах, перпендикулярних один одному. Вимірювальні точки вибирають такі, щоб:

- кожне вимірювання відповідало кільцям рівної площі;
- якщо розподіл швидкості лінійний, репрезентативна швидкість лежала б не на центральній лінії, а на центроїдній осі кілець.

Вимірювання оцінюють знаходженням середнього арифметичного для окремих вимірювань швидкості на центроїдній осі.

Діаметр центроїдної осі  $D_i$  або відстань від стінки труби або повітроводу  $y$ , треба обчислювати за такими формулами:

$$D_i/D = \sqrt{1 - \frac{2i-1}{2n}}$$

$$y_i/D = \frac{1}{2} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2i-1}{2n}} \right)$$

де  $D$  — діаметр зовнішнього кола;

$i$  — порядковий номер кільця, починаючи зовні;

$n$  — число кілець.

Значення діаметра центроїдної осі  $D$ , або відстані від стінки труби або повітроводу  $y_i$  наведено в таблиці G.5 як функція числа обраних кілець.

#### **E.1.2 Вимірювання із дросельними пристроями**

Такі складові частини, як теплообмінники, шумоглушники, перфоровані металеві листи тощо можна використовувати як калібровані дросельні пристрої, за умови, що існує чітке і визначене співвідношення між витратою повітря і падінням тиску, а умови на вході і виході повітря такі самі для встановленої системи, як і під час калібрування.

#### **E.1.3 Вимірювання у поперечному перерізі камери або приладу**

Це вимірювання дозволено проводити тільки в тому випадку, якщо можна зневажити впливом на повітряний потік з боку людини або вимірювального приладу, а також перешкодами на вимірюваному поперечному перерізі (наприклад, повітроохолоджувача, повітронагрівача і фільтра). Повітроохолоджувач або повітронагрівач повинні бути в неробочому стані, тому що нерівномірний розподіл температури може призвести до додаткових похибок. Більше того, треба перевірити напрямок потоку і переконатися в рівномірності потоку. І в цьому випадку поперечний переріз, на якому вимірюють, повинен бути розділений на поля.

Повинні бути визначені місця для вимірювання, такі, щоб швидкості були репрезентативними для обраного поля.

У випадку методу петлі, за якого вимірювальний пристрій обходить навколо поперечного перерізу, на якому вимірюють, швидкість руху по колу вимірювального пристрою не повинна перевищувати 1/5 очікуваної середньої швидкості потоку.

#### **E.1.4 Вимірювання на пристроях входу і виходу повітря**

Розподіл швидкості на пристроях входу і виходу повітря є настільки нерівномірним, що визначення повітряного потоку за допомогою сіткових вимірювань неможливе. Однак цей метод можна застосовувати для перерізів, що мають просту геометричну форму, наприклад, для сопел.

Якщо пристрої входу і виходу повітря не мають ніяких пристосовувань для настроювання і характеризуються досить високим падінням тиску ( $> 30$  Па), можна визначати повітряний потік вимірюванням тиску, за умови, що відома характеристична крива співвідношення повітряного потоку і тиску визначена виробником випробовувального стенда. У цьому випадку пристрій входу або виходу повітря являє собою калібрований дросельний пристрій.

Там, де пристрої входу і виходу повітря постачені каліброваними вимірювальними станціями повітряного потоку (наприклад, розподілними камерами деяких типів), можна визначати повітряний потік, використовуючи такий калібрований давач.

#### **E.1.5 Вимірювальні пристрої (прикладу)**

а) Дросельні пристрої

У випадку вимірювань за допомогою стандартизованих або каліброваних дросельних пристроїв використовують рідинні манометри (наприклад, U-образні, з вертикальною трубкою, з виступом, мікро- і компенсаційні манометри з похилою трубкою) або електронні манометри.

б) Статичні трубки Піто

Локальні швидкості у повітроводі, що перевищують 2 м/с, вимірюють за допомогою пробників у сполученні з рідинними манометрами або пробниками з безпосереднім зчитуванням показів. Як зонд, найчастіше використовують трубку Прандтла Піто.

в) Крильчасті анемометри

Крильчасті анемометри можна застосовувати в тому випадку, якщо швидкості перевищують 1 м/с.

г) Теплові анемометри і теплові зонди

Область застосування починається зі швидкостей 0,2 м/с. Теплові зонди особливо придатні для вимірювання низьких швидкостей ( $< 3$  м/с).

е) Метод з використанням мішка

Метод, показаний на рисунку G.13, полягає в тому, що згорнутий вимірювальний мішок відомого обсягу, установлений на рамі, поміщають над пристроєм, закриваючи його повністю. Визначають час, за який мішок наповнюється повітрям до певного значення надлишкового тиску. Потім визначають витрату повітря з рівняння:

$$q = \frac{V}{t},$$

де  $V$  — об'єм вимірювального мішка в  $\text{м}^3$ ;

$t$  — час наповнювання мішка в с.

Падіння тиску на пристрої входу або виходу повітря повинне бути не менше ніж 10 Па під час установлювання пристроїв на стелі і не менше ніж 50 Па під час установлювання пристроїв у стінах.

Визначають час, необхідний для заповнювання мішка з надлишковим тиском 3 Па. Якщо час заповнювання менш

10 с, вимірювання треба повторити, використовуючи мішок більшого об'єму. Якщо такого мішка немає, вимірювання треба повторити 2—3 рази.

Похибка вимірювального приладу залежить від калібрування пластикового мішка за об'ємом або ж може бути викликана незадовільним закріпленням рами над пристроєм, що може призвести до витоків. Лабораторні вимірювання показали, що можна отримати похибку приблизно  $\pm 3\%$ .

## **Е.2 Вимірювання швидкості повітря в приміщенні**

### **Е.2.1 Методи вимірювання (див. також ISO 7726)**

Через те, що в CR 1752 припустимі середні швидкості повітря в приміщенні визначені як функція інтенсивності турбулентності (і температури повітря), необхідно вимірювати середню швидкість повітря та інтенсивність турбулентності. Однак якщо використовують криві для інтенсивності турбулентності вище ніж 40 %, варто визначати тільки середню швидкість повітря.

Через те, що флуктуації швидкості мають різну величину, необхідний час вимірювання також може бути різним. Звичайно достатнім є період вимірювання 100 с. Для кожної вимірюваної п'ятої точки вимірювання слід проводити повторно. Для потоків повітря в приміщенні з більшими флуктуаціями потрібен час вимірювання 180 с. Флуктуації вважають більшими, якщо середні значення двох послідовних вимірювань в тій самій точці вимірювання відрізняються не більше ніж на 10 %.

Температуру повітря треба виміряти у всіх точках вимірювання. Температуру повітря також треба виміряти.

Треба звертати увагу на:

- положення сонцезахисних штор;
- температуру вікон, стін, підлоги, стелі;
- наявність людей у приміщенні;
- розподіл випадкових і інших джерел тепла (освітлювальні прилади, верстати);
- контрольні системи (підтримують постійні умови під час вимірювання);
- витік повітря через огорожу приміщення;

- тип і розміщення меблів, трубопроводів, верстатів тощо.

### **Е.2.2 Вимірювальні прилади**

Під час вимірювання швидкості повітря в приміщенні перевагу треба надавати використуванню різноспрямованого пробника, чутливого до швидкості потоку, що надходить із будь-якого напрямку.

Докладніше див. ISO 7726.

У таблиці Е. 2 наведено вимоги до приладів, що вимірюють швидкість повітря  $v_a$ .

**Таблиця Е.2** — Вимоги до приладів, що вимірюють швидкість повітря

Діапазон вимірювання, м/с	Похибка, м/с	Постійна часу (90 %)	Чутливість до напрямку	Коментарі
0,05—1	$\pm [0,05+0,05 V_a]$	0,2 с, якщо вимірюють флуктуації	Повинне бути гарантоване дотримання рівня похибки незалежно від напрямку потоку усередині тілесного кута 3π	Пробники повинні бути відкалібровані в каліброваному повітроводі з односпрямованим потоком з низькою турбулентністю. Відносний стандартний відхил флуктуацій як функція часу не повинен перевищувати 5 %
		2 с, якщо флуктуації не вимірюють		Зміна вимірюваного значення залежно від флуктуації температури в границях $\pm 4$ К повинна бути досить малою, щоб нею можна було знехотити

Точність вимірювання потоку повітря в приміщенні з використанням описаних методів вимірювання залежить, головним чином, від розходження у характеристиках вимірювальних пробників і від систематичної похибки вимірювального устаткування. Пробники повинні відповідати мінімальним вимогам і регулярно проходити калібрування.

## **Е.3 Вимірювання температури**

### **Е.3.1 Методи вимірювання**

Під час вимірювання температури повітря треба здійснювати заходи, спрямовані на зниження впливу випромінювання тепла пробником і його інерції (див. ISO 7726).

Термометр, поміщений у конкретне навколишнє середовище, не відразу показує температуру повітря; потрібний певний час для досягнення рівноваги. Вимірювання не треба проводитися до закінчення часу, що перевищує постійну часу (90 %) принаймні в 1,5 разу.

Реакція термометра буде тим швидша,

- чим менші розміри і вага давача і чим нижча питома теплоємність;
- чим кращий теплообмін з довкіллям (зростає коефіцієнт конвективного теплопередавання).

Для вимірювання температур у трубах або повітроводах з нерівномірним розподілом температур треба проводити сіткові вимірювання.

Як визначати радіаційну температуру, див. ISO 7726.

Робоча температура  $\vartheta_0$  являє собою однорідну температуру огорожі, що з погляду випромінювання є чорним тілом, таким, що променистий плюс конвективний теплообмін для людини, що перебуває всередині нього, буде тим самим, що і в реальному неоднорідному оточенні. У більшості випадків на практиці, якщо швидкість мала ( $< 0,2$  м/с) або різниця між радіаційною температурою і температурою повітря мала ( $< 4$  °С), робочу температуру можна обчислити з достатнім наближенням як середнє значення температури повітря ( $\vartheta_a$ ) і середньої радіаційної температури ( $\vartheta_r$ ). Для досягнення більш високої точності можна користуватися такою формулою:

$$\vartheta_0 = A\vartheta_a + (1 - A)\vartheta_r,$$

де  $A$  може бути визначене як функція швидкості повітря  $v_a$  (див. таблицю Е. 3).

**Таблиця Е. 3** — Значення  $A$  як функція швидкості повітря  $v_a$

$v_a, \text{м/с}$	$A$
$< 0,2$	0,5
$\geq 0,2$ $< 0,6$	0,6
$\geq 0,6$ $\leq 1,0$	0,7

### **Е.3.2 Вимірювальні прилади**

Див. ISO 7726.

### **Е.4 Вимірювання вологості повітря**

Див. ISO 7726.

Усе устаткування для вимірювання вологості повітря повинне бути захищене від усяких забруднень і до початку вимірювань повинне бути випробуване на точність. У таблиці G.3 наведено граничні значення похибки для різних типів приладів для вимірювання вологості. Наведені в ній значення можуть бути досягнуті тільки за умови правильного використання і ретельного обслуговування устаткування.

Гігрометри повинні часто проходити перевіряння, чищення і повторне калібрування. Вони вимагають тривалого періоду настроювання.

### **Е.5 Вимірювання рівня звуку**

Див. ISO 3740, EN ISO 3746 і ISO 3747.

Вимірювальні прилади повинні відповідати EN 60651.

### **Е.6 Вимірювання споживаного струму**

#### **Е.6.1 Методи вимірювання**

Вимірювати спожитий електродвигунами центральних кондиціонерів струм треба за останнім запобіжником на кожній фазі.

#### **Е.6.2 Вимірювальні прилади**

Як вимірювальні прилади, можуть бути використані щипці вимірювального трансформатора струму або амперметр з ковпачковими гайками для кріплення.

### **Е.7 Різниця тисків на повітряному фільтрі**

Різницю тисків треба виміряти за допомогою відповідних манометрів. Вмонтованих у фільтри манометрів достатньо для функційних вимірювань різниці тисків.

## ДОДАТОК F (довідковий)

### СПЕЦІАЛЬНЕ ВИМІРЮВАННЯ

У цьому додатку подано додаткову інформацію зі спеціального вимірювання. Треба застосовувати також додаток Е.

#### **F.1 Вимірювальні прилади**

Рекомендовано використовувати такі вимірювальні прилади:

- вимірювальні прилади з відомою похибкою, застосування яких заздалегідь погоджено між сторонами, що беруть участь у контракті;
  - вимірювальні прилади, для яких зроблено калібрування;
  - вмонтовані в робочі вимірювальні прилади, похибка яких установлена;
- вимірювальні прилади, що мають сертифікат калібрування<sup>2)</sup>.

#### **F.2 Протоколи вимірювання**

У протоколах вимірювання звичайно повинні бути вміщені такі дані:

- задані значення настроювання, характеристики, інформація, що міститься на табличках приладів і складових частин тощо;
- ділянки і точки вимірювання, висота вимірювання, вимірювальний переріз, за необхідності із кресленника;
- робочі умови, такі як навантаження, зокрема погодні умови, а також контрольні настроювання;
  - тип і форма будівлі, характер герметизації фасаду (там, де це необхідно);
- розташування і конструкція пристроїв входу зовнішнього повітря і виходу повітря, що викидається;
- робочі умови і використання сонцезахисних систем і освітлення;
- інформація щодо інших джерел тепла;

- вимірювальні прилади і вимірювальні процедури, за необхідності свідчення про останнє калібрування;
- дані, що стосуються вимірювання, охоплюючи дату і час;
- невизначеність результатів вимірювання;
  - тип реєстрування (бланки протоколів, точковий принтер, лінійний принтер тощо).

### **F.3 Вимірювання параметрів**

#### **F.3.1 Тиск**

Визначання і одиниці див. у CR 12792.

Розрізняють:

- статичний тиск  $p_s$ ;
- динамічний тиск  $p_d$ ;
- повний тиск  $p_t$ .

##### **F.3.1.1 Методи вимірювання**

Фактично вимірюваною величиною є різниця тисків. Тому необхідно для кожного вимірювання вказувати довідковий тиск. Винятками є вимірювання барометричного тиску, тобто атмосферного тиску.

##### **F.3.1.2 Вимірювальне устаткування**

Малі різниці тиску звичайно вимірюють рідинним або електронним манометром, а для вимірювання більш високих тисків і різниці тисків можна застосовувати також поршневі або пружинні манометри.

Різні прилади, діапазон їхнього застосування і приклади невизначеності наведені в таблиці G.1.

##### **F.3.1.3 Ділянка вимірювання**

Точка вимірювання повинна бути в еталонному поперечному перерізі. У виняткових випадках можна обчислювати різницю тисків між точкою вимірювання та еталонним поперечним перерізом і робити відповідне виправлення.

<sup>2)</sup> Відповідно до норм калібрування і норм дії калібрування, якщо це потрібно.

Труби, що йдуть від точки вимірювання до вимірювального устаткування, повинні бути герметичні і чисті.

Де це можливо, варто враховувати теплові ефекти, густину передавального середовища і вплив висоти вимірювання, наприклад, різницю по висоті між точкою вимірювання і місцем розташування вимірювального устаткування.

Під час вимірювання статичного тиску отвори, зроблені для точок вимірювання, повинні бути під прямим кутом до внутрішньої поверхні повітроводу. Внутрішній край кожного отвору повинен бути гострий і не мати задирок. Отвори повинні бути якнайменші в діаметрі (від 1 мм до 3 мм). У поточному середовищі вимірювати тиск треба в тій точці, де потік середовища паралельний стінці.

У загальному випадку, чим нижча швидкість потоку, тим вища точність вимірювання статичного тиску. За наявності різних точок і різних поперечних перерізів треба вибирати точки там, де поперечні перерізи більші, а швидкості потоку — нижчі.

#### **F.3.2 Температура (див. також ISO 7726).**

##### **F.3.2.1 Ділянка вимірювання**

Варто враховувати похибки вимірювання, спричинені теплопровідністю або тепловим випромінюванням.

Під час використання рідинного термометра варто робити поправку на нарізь.

Під час використання термопар варто уникати зовнішніх напруг або компенсувати їх.

Під час використання термометрів опору варто враховувати омичне нагрівання в самому опорі.

Якщо неможливо помістити давач температури безпосередньо в середовище потоку, рекоєндовано використовувати захисну трубку (див. рисунок G.1).

Для вимірювання (середніх для кількох величин), де потрібна висока точність, рекоєндовано використовувати спеціальні вимірювальні вставки (див. рисунок G.2).

##### **F.3.2.2 Невизначеність вимірювання**

Під час вимірювання з використанням скляних термометрів як невизначеність вимірювання беруть точність калібрування. Під час вимірювання за допомогою термометрів опору невизначеність вимірювання варто брати з похибки і вимірювання опору або відхилення характеристичної кривої термоелектричної напруги (який повинен бути звужений калібруванням) і з класу точності використовуваних вимірювальних приладів.

Якщо вимірювальні давачі встановлені невідповідним чином, це може істотно підвищити невизначеність за будь-якого виду вимірювань температури.

Області застосування і приклади невизначеності показано в таблиці G.2.

#### **F.3.3 Вологість**

##### **F.3.3.1 Методи вимірювання і вимірювальне устаткування**

Див. також ISO 7726.

##### **F.3.3.2 Ділянка вимірювання**

Стосовно вимірювань у центральній системі, треба звертати увагу на те, як змінюється вологість на поперечному перерізі, особливо за паровим повітрозволожувачем і у повітроохолоджувачах.

Треба враховувати максимальну випадкову швидкість потоку, зазначену виробником.

#### **F.3.4 Повітряний потік**

Див. також ISO 5219.

##### **F.3.4.1 Методи вимірювання**

###### **F.3.4.1.1 Загальні вимоги**

Витрату повітря можна виміряти так:

- вимірюванням швидкості потоку у вимірювальному поперечному перерізі із застосуванням сіткового методу або, у спеціальних випадках, із застосуванням методу петлі;
- на вентиляційних отворах компенсаційним (нульовим) методом;
- з використанням дросельних пристроїв;
- з використанням газових лічильників;

- методом газових індикаторів.

#### **F.3.4.1.2 Компенсаційний метод**

Повітряний потік через вентиляційні отвори може бути виміряний компенсаційним методом (нульовим методом). Для цього вимірювальну камеру з'єднують з вентиляційним отвором. Додатковий вентилятор нагнітає повітря у вимірювальну камеру (або відсмоктує з неї повітря) крізь витратомірний пристрій (див. рисунок G.5.). Здійснюють настроювання тиску вентилятора доти, поки статичний тиск у камері не зрівняється з тиском навколишнього середовища (мембрана тиску). Повітряний потік можна виміряти або газовими лічильниками, або поплавковим вимірювальним устаткуванням.

Повинні бути виконані наступні співвідношення на поперечному перерізі:

$$5 \quad \text{пристрій виходу викидного повітря } A_{MC} > A_{V0};$$

$$6 \quad \text{пристрій входу припливного повітря } A_{MC} \geq 10 A_{V0}, \text{ де } A_{V0} \text{ — площа вентиляційного отвору;}$$

$A_{MC}$  — поперечний переріз вимірювальної камери.

#### **F.3.4.1.3 Метод газових індикаторів**

За допомогою додавання до повітря газових індикаторів повітряний потік може бути оцінений вимірюванням концентрації. Для цього існує цілий ряд різних методів, але деталі тут не наводять.

#### **F.3.4.2 Вимірювальне устаткування**

Для вимірювань, що їх використовують стандартизовані або калібровані дросельні пристрої, варто застосовувати відповідні манометри (див. таблицю G.1).

Швидкість вимірюють за допомогою пробників у сполученні з рідинними або електронними манометрами. Звичайно як пробник використовують пітостатичну трубку Прандтла. Результати вимірювань не вимагають внесення поправок за умови, що відстань від центра пробника до стінки перевищує діаметр пробника у два рази, а число Рейнольдса  $Re > 300$  (отримане на підставі діаметра пробника). Необхідну для цього мінімальну швидкість для сухого повітря (20 °C, 1 бар) як функцію діаметра пробника показано на рисунку G.6.

За швидкозмінних умов вимірювання швидкості пластинчастим анемометром дають занадто високі середні покази. Поправка необхідна і у тому випадку, якщо густина поточного середовища значно змінюється. Зміна густини приблизно на 10 % дасть невизначеність близько 5 % під час вимірювання швидкості.

Для вимірювання у повітроводах, для якого відношення ефективного поперечного перерізу пластинчастого анемометра до поперечного перерізу повітровода вище ніж 0,01, поправку роблять, користуючись такою формулою:

$$V = \frac{A_K - A_g}{A_K} V_g.$$

де  $V$  — швидкість нестиснутого потоку повітря, м/с;

$V_g$  — покази швидкості, м/с;

$A_K$  — вільний поперечний переріз, м<sup>2</sup>;

$A_g$  — ефективний поперечний переріз пластинчастого анемометра, м<sup>2</sup>

(якщо немає вказівок виробника, беруть весь поперечний переріз анемометра).

#### **F.3.4.3 Ділянка вимірювання**

За перешкодою відбувається поділ потоку або виникають збурювання в ньому, що призводить до неправильного профілю швидкості. Ці чинники є одними з головних чинників, що викликають невизначеність під час вимірювання.

Як міру неправильності U-профілю швидкості, використовують формулу:

$$U = \frac{V_{\max} - V_{\min}}{2\bar{V}},$$

де  $V$  — середня арифметична швидкість на всьому поперечному перерізі, м/с;

$V_{\min}$ ,  $V_{\max}$  — мінімальне і максимальне середнє арифметичне швидкостей на чверті поперечного перерізу або на радіусі, м/с.

У випадку прямокутного поперечного перерізу максимальне і мінімальне значення середньої швидкості вибирають зі чвертей усього поперечного перерізу, довжина сторони яких дорівнює половині довжини сторони повітровода. У випадку круглого поперечного перерізу середні значення беруть із чотирьох радіусів вимірювань, перпендикулярних один одному.

Для розраховування  $V_{\min}$  швидкістю в граничному шарі біля стінки повітровода зневажають.

На рисунку G.7 показане емпіричне співвідношення, що існує між відношенням відстані  $a/Dh$ , що впливає з відношення відстані  $a$  між доріжкою вимірювання і вищерозташованою перешкодою до гідравлічного діаметра  $Dh$  повітровода в площині вимірювання, і невизначеність U-профілю швидкості.

Якщо дані вимірювання відсутні, можна використати рисунок G.7 для знаходження передбачуваної неправильності профілю.

Рисунок G.7 придатний для збурювань, що рівномірно діють на весь повітровід, наприклад, за вхідним отвором, за окремою засувкою, за коліном, за вентилятором або за перетинанням відгалужень.

Множинні збурювання, рівномірно розподілені по всьому поперечному перерізу, поводяться аналогічно. Однак у цьому випадку замість гідравлічного діаметра повітровода для утворення відносної відстані від точки збурювання використовують модуль (характеристичний розмір збурювання), наприклад для теплообмінників, перехреснострумінних заслінок, спрямовувальних лопаток, краплевідділювачів і аналогічних деталей.

Збурювання за точкою вимірювання мають менший вплив, ніж збурювання перед точкою вимірювання. Проте їх також варто враховувати, особливо якщо вони викликають зростання динамічного тиску.

Вимірвальні прилади повинні бути вбудовані так, щоб вони разом з їхнім кріпленням були перешкодою тільки для зневажливо малої частини всього поперечного перерізу потоку.

Для деяких вимірвальних приладів повинні бути витримані мінімальні відстані від стінок повітроводу або від вище- або нижчерозташованих перешкод, щоб картина потоку навколо вимірвального приладу була така сама, як під час його калібрування. Таким чином, наприклад, пластинчастий анемометр повинен бути розташований за фільтром або теплообмінником на відстані не менше ніж 1,5 діаметра колеса із пластинами.

Вимірвальні прилади, що вводять через стінку повітроводу, повинні бути обладнані пристроями, що забезпечують правильне позиціонування і точність регулювання напрямку. Отвори навколо пробників повинні бути загерметизовані, особливо там, де тиск у повітроводі нижчий, ніж зовні.

#### **F 3.4.4 Невизначеності вимірювання**

Під час розрахування загальної невизначеності вимірювання, як описано в 7.5, варто враховувати похибки методу вимірювання і вимірвального устаткування.

##### **a) Невизначеність, викликана методом вимірювання**

Невизначеність повітряного потоку, вимірюваного каліброваним дросельним пристроєм, задається калібруванням.

Для вимірювання повітряного потоку на певному поперечному перерізі із заданою неправильністю профілю швидкості невизначеність вимірювання залежить, головним чином, від кількості точок вимірювання на поперечному перерізі. Для паралельного потоку на таблиці G.8 показано приблизні значення невизначеності вимірювання; передбачається відповідний розподіл точок вимірювання.

Цифри відносяться до статистичного розподілу окремих вимірювань. Якщо перешкоди потоку у повітроводі мають якусь періодичність, відстань між точками вимірювання не повинна дорівнювати інтервалу періодичності.

Під час застосування методу петлі невизначеність має приблизно той самий порядок розірності, що і під час використання восьми точок вимірювання.

Під час застосування методу компенсації невизначеність залежить від регулювання тиску в камері, від падіння тиску в точці відгалуження в системі повітроводів і вентиляційного отвору (падіння тиску у відгалуженні) і від вимірювання повітряного потоку.

Якщо невизначеність вимірювання тиску в камері становить 1 Па, додаткова невизначеність, що впливає з цього, може бути зчитана зі схеми на рисунку G.8.

##### **b) Невизначеність, викликана вимірвальним устаткуванням**

Похибку устаткування для вимірювання різниці тисків з використанням пітостатичної трубки показано на діаграмі на рисунку G.9.

Визначальними чинниками тут є тип устаткування для вимірювання тиску і швидкість, що існує в точці вимірювання. Крім цього, треба враховувати похибку пробника.

#### **F.3.5 Потік рідини**

Див. також EN ISO 5167-1

##### **F.3.5.1 Вимірвальне устаткування**

Див. також таблицю G.8.

##### **F.3.5.2 Ділянка вимірювання**

Для дросельних пристроїв необхідну відстань розбігу наведено в EN ISO 5167-1. У потоці рідини не повинно бути пухирців і значних флуктуацій.

Для пульсувальних потоків або в тому випадку, якщо потрібна вища точність, можна використовувати лічильники зсуву. Однак вони дуже чутливі до забруднень, тому дуже важливо, щоб середовище було відфільтроване, перш ніж воно досягне точки вимірювання.

Під час використання турбінного лічильника у вхідному потоці не повинно бути торсіонного руху. Він має особливо негативний вплив у тому випадку, якщо поперечний переріз потоку змінюється на вході в лічильник. Щоб уникнути цього, перед лічильником потрібна ввідна доріжка або вирівнювач потоку.

Якщо поплавковий витратомір устатковано в трубу, пряма доріжка розбігу не потрібна, тому такий витратомір можна вставляти прямо перед коліном або клапаном, або за ними.

Метод магнітної індукції нечутливий до забруднень, тому під час його використання сторонні тіла, що переносяться вимірюваним потоком, не мають ніякого впливу.

Для вимірювання потоку, що нагріває або охолоджує рідину, що йде до теплообмінника або від нього, у системі повинна бути передбачена знімна трубна секція довжиною від 0,5 м до 1 м, яку можна було б зняти і замінити каліброваним дросельним пристроєм або водоміром. Допустима тільки незначна зміна опору потоку вимірвальним устаткуванням, така, що вимірювана витрата не виходить за границі встановлених робочих умов. За необхідності повинен бути встановлений додатковий насос (рисунок G.10).

##### **F3.5.3 Допуски вимірювання**

Границі похибки вимірвального устаткування показані в таблиці G.8. У загальному випадку вони стосуються вимірюваної величини.

#### **F3.6 Звук**

Див. також ISO 3740, EN ISO 3746 і ISO 3747.

#### **F3.7 Забруднення повітря**

##### **F3.7.1 Методи вимірювання і вимірвальне устаткування**

Для вимірювання частина потоку відсмоктується і фільтрується для визначання зважуванням кількості пилу, що міститься в повітрі.

Вимірювати кількість частинок можна методом розсіяного світла або методом мембранного фільтра. Лічильник частинок методом розсіяного світла може постійно вимірювати концентрацію зважених у повітрі частинок. Під час використання методу з мембранним фільтром частинки, що містяться у випробовуваному повітрі, збираються

на мембранному фільтрі. Цей фільтр має ту особливість, що частинки осаджуються переважно на його поверхні. Потім осаджені частинки зважують для визначання концентрації та аналізують під мікроскопом.

Вимірюють концентрацію газу відсмоктуванням проби через вимірювальне устаткування, що потім вимірює концентрацію і показує результат вимірювання. Можна також брати проби повітря у спеціальних контейнерах і робити лабораторне аналізування складу проб.

#### **F.3.7.2 Ділянка вимірювання**

Вимірювати чистоту повітря за допомогою вимірювання концентрації часток або пилового навантаження можна або на робочому місці, що не має перешкод, або під час нормального режиму роботи. Чисті кімнати — див. ENV 1631.

Залежно від мети вимірювання, повітря, що його треба випробовувати на газові забруднення, можна відбирати з повітроводу або засмоктуватися із приміщення. Якщо передбачається розшарування повітря у повітроводі, треба застосовувати сіткове вимірювання. У робочому приміщенні проби треба брати у кількох точках у робочій зоні.

Там, де можливе перенесення забруднень системою, відповідно треба виміряти припливне повітря.

#### **F.3.7.3 Границі похибки**

Границі похибки устаткування, використовуваного для вимірювання чистоти повітря і підрахування часток, показані в таблиці G.9, стосовно вимірюваної величини.

### **F.3.8 Витік повітря**

#### **F.3.8.1 Метод вимірювання**

У великих і складних системах повітроводів витік можна вимірювати в частині системи (див. ргEN 1507:1994 і рг EN 12237:1996). Вимірювати витік треба під час установлювання системи.

Після того, як буде встановлена відносно більша частина системи повітроводів, усі отвори герметично закривають. Вентилятор, що з'єднується з герметизованою системою повітроводів через вимірювальне устаткування, використовують для створення випробовувальної різниці тисків, що була б вища або нижча атмосферного тиску. Випробовувальний тиск треба відрегулювати до одного з наступних значень, що його вибирають якнайближче до середнього робочого тиску системи: на 200 Па, 400 Па або 1000 Па вище атмосферного тиску для повітроводів припливного повітря або на стільки ж нижче атмосферного тиску для повітроводів викиданого повітря.

Якщо ці величини відрізняються від середнього робочого тиску, повітряний потік витіку треба приблизно розрахувати за такою формулою:

$$\frac{q_{v1}}{q_{v2}} = \left( \frac{\Delta p_1}{\Delta p_2} \right)^{0,65},$$

де  $q_{v1}$  — витік повітря за випробовувального тиску  $\Delta p_1$ ;

$q_{v2}$  — витік повітря за середнього робочого тиску  $\Delta p_2$ ;

$\Delta p$  — величина, на яку тиск відрізняється від атмосферного тиску.

Середній робочий тиск являє собою середнє арифметичне статичного тиску на початку і кінці секції повітроводу.

#### **F.3.8.2 Вимірювальне устаткування**

Вимірювання описані в F.3.1 і F.3.4.

#### **F.3.8.3 Ділянка вимірювання**

На рисунку G.11 показано принципову схему для вимірювань. Вентилятор з регульованим повітряним потоком нагнітає або відсмоктує повітря через вимірювальну доріжку, що містить калібрований дросельний пристрій, у встановлену секцію повітроводу або з неї. Вимірюють статичний тиск у повітроводі.

#### **F.3.8.4 Невизначеність вимірювання**

Загальну невизначеність можна розраховувати відповідно до 7.5.

### **F.3.9 Електрична потужність**

#### **F.3.9.1 Методи вимірювання**

Споживану електричну потужність вимірюють або безпосередньо вимірником потужності (ватметром), або непрямо по електричній роботі (лічильник кіловат-годин) за допомогою зняття показів електричного лічильника до і після випробувань. До вимірювання треба перевірити настроювання запобіжників електродвигуна.

Для трифазних електродвигунів потужність визначають методом з використанням двох ватметрів. Для однофазних електродвигунів потужність визначають методом з використанням одного ватметра.

Для двигунів постійного струму потужність визначають вимірюванням струму і напруги.

Для активного навантаження звичайно досить виміряти потужність за допомогою вимірювання струму і напруги.

Для трифазних електричних повітрянагрівачів потужність треба виміряти або методом з використанням трьох ватметрів, або методом з використанням одного ватметра з одночасним виміром напруги.

#### **F.3.9.2 Вимірювальне устаткування**

Для вимірювання потужності можна застосовувати вимірювальні трансформатори, вимірники потужності і лічильники споживання електроенергії, точність яких відповідає необхідній точності результатів. Під час використання вимірювальних трансформаторів треба звертати увагу на те, щоб не було перевищене номінальне навантаження.

#### **F.3.9.3 Ділянка вимірювання**

Вимірювальне устаткування повинне бути приєднане якнайближче до з'єднувальних виводів окремих вузлів системи. Схема вимірювального устаткування і кабелі повинні бути такі, щоб не могло виникнути похибок, викликаних інтерференцією магнітних полів. Кабелі повинні мати характеристики, достатні для того, щоб результати вимірювання не містили похибки.

#### **F.3.9.4 Невизначеності вимірювання**

Невизначеність вимірювання задається класами точності окремих вузлів використовуваного вимірювального



устаткування. Треба мати на увазі, що клас точності залежить від розмірності вимірюваної величини. Класи точності показано в таблиці G.10.

#### F.4 Вимірювання в приміщенні

Після установлення системи може виникнути необхідність перевіряння того, чи досягнуті бажані умови усередині приміщення за звичайного робочого режиму. Методи вимірювання долучені в F.4.1, F.4.2 і F.4.3.

##### F.4.1 Теплові характеристики навколишнього середовища усередині приміщення

###### F.4.1.1 Місце вимірювання

Вимірювати треба в робочих зонах будинку. Як місця вимірювань, можна вибирати робочі місця, приміщення із місцями для сидіння або спальними місцями, залежно від функційної призначеності приміщень. У робочих зонах вимірювати треба у репрезентативній вибірці місць, розподілених по всій робочій зоні.

Якщо не можна оцінити розподіл кількості людей у приміщенні, можна використати такі місця: центр простору або зони, або місця, що відстоять на 0,6 м від стін приміщення в напрямку до центра приміщення; при цьому обрані місця повинні перебувати усередині робочої зони.

У кожному разі вимірювати усередині робочої зони треба там, де спостерігаються або очікуються найбільш екстремальні значення теплових параметрів.

Абсолютну вологість треба визначати тільки в одному місці кожної робочої зони.

###### F.4.1.2 Висота вимірювання

Висоти, рекомендовані для вимірювання — на рівні голови, пояса і ніг людини, що відповідає 1,1 м, 0,6 м і 0,1 м для людини, що сидить, і 1,7 м, 1,1 м і 0,1 м для людини, що стоїть.

###### F.4.1.3 Умови вимірювання

Вимірювати під час опалювального періоду (зимовий режим) треба за різниці кімнатної і зовнішньої температур, що становить не менше ніж 50 % розрахункової різниці температур, і за умов суцільної і часткової хмарності.

Вимірювати в літню пору треба за вищевказаної різниці кімнатної і зовнішньої температур і за ясного неба, і за часткової хмарності.

Вимірювати у внутрішніх зонах більших будівель треба за зонального навантаження, що становить не менше ніж 50 % розрахункового навантаження. Якщо в зонах не здійснюють пропорційний контроль, вимірювати треба принаймні для одного повного циклу системи.

Вимірювати треба і у найбільш критичний час доби, обумовлений або зовнішніми кліматичними умовами, або внутрішнім навантаженням.

Одночасно з вимірюваннями параметрів середовища треба записувати або виміряти такі дані щодо системи:

- інтенсивність подавання зовнішнього повітря;
- різниця температур припливного повітря і повітря приміщення;
- дифузор або вхідний пристрій повітря, місце установлення і тип;
- швидкість нагнітання;
- нагрівальні пристрої по периметру будівлі, місце установлення і стан;
- вихідний пристрій викиданого повітря, місце установлення і розмір;
- тип припливної системи повітря.

Зовнішні кліматичні умови (температура, вологість, сонячна радіація, швидкість вітру) треба записувати під час вимірювання.

#### F.4.2 Якість повітря в приміщенні

Якість повітря в приміщенні можна оцінювати вимірюванням витрати повітря за умови, що проектні допущення правильні.

Якщо є можливість застосування безпосередніх вимірювань якості повітря, подробиці див. у «Вказівках з вимог до вентиляції будівель», СЕС 1992.

За низьких рівнів забрудненості треба застосовувати складніші методи вимірювання.

#### F.4.3 Акустичні вимірювання

Прилади і методи, використовувані для вимірювання акустичних параметрів середовища в приміщенні, повинні відповідати EN ISO 3744, EN ISO 11201 і EN 60651.

Місця для вимірювання треба вибирати так, як визначено в F.4.1.1.

Висота рекомендованого вимірювання — на рівні голови людини, тобто 1,1 м для людини, що сидить, і 1,7 м для людини, що стоїть.

### ДОДАТОК G (обов'язковий)

#### ТАБЛИЦІ І РИСУНКИ

Таблиця G.1 — Прилади для вимірювання тиску

Вимірювальний прилад	Діапазон вимірювання, Па	Невизначеність первинно вимірюваних величин
Пряме механічне вимірювання тиску		
<b>Рідинні манометри</b>		
U-образні манометри		
а) ртутний	$0 < p < 0,2 \cdot 10^6$	$\pm \frac{\text{від 1 мм до 2 мм}}{\text{значення показу в мм}} 100 \%$
б) рідинний $p < P_{\text{нд}}$	$0 < p < 0,1 \cdot 10^6$	
Похилий манометр	$0 < p < 2 \cdot 10^3$	$\pm \frac{0,5 \text{ мм}}{\text{значення показу в мм}} 100 \%$
Проекційний манометр (Бетц)		

	$0 < p < 4 \cdot 10^3$ (8-10 <sup>3</sup> )	$\pm \frac{\text{від } 0,1 \text{ мм до } 0,2 \text{ мм}}{\text{значення показу в мм}} 100 \%$
Вертикальний манометр (Грандтл)	$0 < p < 4,5 \cdot 10^3$	$\pm \frac{0,1 \text{ мм}}{\text{значення показу в мм}} 100 \%$
Компенсаційний мікроманометр	$0 < p < 2 \cdot 10^3$	$\pm \frac{0,02 \text{ мм}}{\text{значення показу в мм}} 100 \%$
<b>Ваги тиску і поршневі манометри</b>		
Кільцеві ваги	$7 < p < 0,7 \cdot 10^3$	$\pm 1\%$ кінцевого значення шкали
Ваги стисненого повітря	$20 \cdot 10^3 < p < 0,1 \cdot 10^6$	$\pm \frac{0,3 \text{ мм}}{\text{значення показу в мм}} 100 \%$
Поршневий манометр (загальний)	$0,1 \cdot 10^3 < p < 20 \cdot 10^6$	$\pm 0,5 \%$ кінцевого значення шкали
Поршневий манометр (пояс занурення)	$0 < p < 0,6 \cdot 10^3$	$\pm 0,5 \%$ кінцевого значення шкали
Непряме механічне вимірювання тиску		
Пружинні манометри		
Пружинні манометри в коробці	$20 \cdot 10^3 < p < 0,8 \cdot 10^6$	$\pm 1 \%$ кінцевого значення шкали
Мембранний манометр	$20 \cdot 10^3 < p < 70 \cdot 10^6$	$\pm 1 \%$ кінцевого значення шкали
Манометр із мембранною коробкою, напр.:		
а) манометр Бурдона із бронзовою трубкою	$0 < p < 0,1 \cdot 10^9$	$\pm 1 \%$ кінцевого значення шкали
б) манометр Бурдона зі сталеву трубку	$30 \cdot 10^6 < p < 1 \cdot 10^9$	$\pm 1 \%$ кінцевого значення шкали
Вимірювальні перетворювачі		
Електричний перетворювач	$p < 10 \cdot 10^3$	$\pm 0,5 \%$ кінцевого значення шкали
Пневматичний перетворювач	$p < 10 \cdot 10^3$	$\pm 1 \%$ кінцевого значення шкали

Таблиця G.2 — Давачі і вимірювальне устаткування для вимірювання температури

Вимірювальний прилад	Діапазон вимірювання, °C	Невизначеність первинно вимірюваних величин
Чутливі елементи		
Скляний рідинний термометр	від -58 до -5 » -5 » 60 » 60 » 100 » 110 » 210	$\pm 0,3/0,7/1,0$ K $\pm 0,04/0,1/0,15/0,5/0,7$ K $\pm 0,04/0,15/0,25/0,5/1,0$ K $\pm 1,0/1,5$ K
Рідинний пружинний термометр	» -35 » 500	$\pm 1 \%$ $\pm 2 \%$
Газонаповнений термометр	» -50 » 350	$\pm 1 \%$ $\pm 2 \%$
Металевий розширювальний термометр	» 0 » 1000	$\pm 1 \%$ $\pm 2 \%$
Термометр опору, градуйований або калібрований відповідно до EN 60751	» -220 » 850	$\pm (0,15 + 0,002 t^*)$ K Клас А $\pm (0,03 + 0,005 t^*)$ K Клас В
Термопари, градуйовані або калібровані відповідно до EN 60584-1 і EN 60584-2	» -50 » 500	$\pm (0,05 + 0,01 t^*)$ K
Вимірювальне устаткування		
Звичайні прилади (з рухливою навиткою і логометри)		від 1,0 % до 1,5 %
Прецизійні прилади (з рухливою навиткою і логометри)		від 0,2 % до 0,5 %
Самописи (з рухливою навиткою і логометри)		1,5 %
Звичайні компенсаційні прилади з:		
— ручною компенсацією		від 0,1 % до 0,5 %
— автоматичною компенсацією		від 0,2 % до 0,5 %
Прецизійні компенсаційні прилади з ручною компенсацією		$\leq 0,1 \%$
Цифрові вольтметри		$\leq 0,3 \%$
* $t$ — абсолютна величина температури, °C.		

Таблиця G.3 — Похибка приладів, що вимірюють вологість

Вимірювальний прилад	Діапазон вимірювання			Похибка Точка роси, К	Відносна вологість*, %
	Відносна вологість, %	Температура повітря, %			
Волосяний гігрометр	>40	від -10 до	50		5
Електролізний гігрометр	>20	» - 40 »	100		3
Літєво-хлористий конденсаційний гігрометр	> 10	» -10 »	50	від 0,5 до 1	від 1 до 3
Дзеркальний конденсаційний гігрометр	>0	» -20 »	40	0,5	»1 »2
Психрометр	>0	» -10 »	60	0,3	» 0,5 » 2
Ємнісні лічильники	>0	» - 40 »	110	0,3	»2 »3

\* Крім того, величина також значно залежить від стану повітря; наведені значення стосуються тільки сприятливих умов і можуть перевищуватися.

Таблиця G.4 — Відносна відстань між точками вимірювання і стінкою прямокутного повітроводу (звичайний метод)

Кількість точок вимірювання для кожної прямої вимірювання	Точка вимірювання $i, \frac{x_i}{B}$ або $\frac{y_i}{H}$									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
3	0,167	0,500	0,833							
4	0,125	0,375	0,625	0,875						
5	1,100	0,300	0,500	0,700	0,900					
6	0,083	0,250	0,417	0,583	0,750	0,917				
7	0,071	0,214	0,357	0,500	0,643	0,786	0,929			
8	0,062	0,187	0,312	0,438	0,563	0,688	0,813	0,938		
9	0,056	0,167	0,278	0,389	0,500	0,611	0,722	0,833	0,944	
10	0,050	0,150	0,250	0,350	0,450	0,550	0,650	0,750	0,850	0,950

Таблиця G.5 — Розподіл круглого перерізу на вкладені кільця рівної площі (метод центроїдних осей) а) Відносна відстань до стінок вздовж центроїдної осі  $1/i / D$ 

$i/n$	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	0,1644									
2	0,0670	0,2500								
3	0,0436	0,1464	0,2959							
4	0,0323	0,1047	0,1938	0,3232						
5	0,0257	0,0817	0,1464	0,2261	0,3419					
6	0,0213	0,0670	0,1181	0,1773	0,2500	0,3557				
7	0,0182	0,0568	0,0991	0,1464	0,2012	0,2685	0,3664			
8	0,0159	0,0493	0,0854	0,1250	0,1693	0,2205	0,2835	0,3750		
9	0,0141	0,0436	0,0751	0,1091	0,1464	0,1882	0,2365	0,2959	0,3821	
10	0,0127	0,0390	0,0670	0,0969	0,1292	0,1646	0,2042	0,2500	0,3064	0,3882

$n$  — число центроїдних осей;  
 $i$  — порядковий номер центроїдної осі (якщо дивитися зовні).

b) Відносний діаметр по центроїдній осі  $D_i / D$

<i>j</i> <i>n</i>	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	0,7071									
2	0,8660	0,5000								
3	0,9129	0,7071	0,4082							
4	0,9354	0,7906	0,6124	0,3536						
5	0,9487	0,8367	0,7071	0,5477	0,3162					
6	0,9574	0,8660	0,7638	0,6455	0,5000	0,2887				
7	0,9636	0,8864	0,8018	0,7071	0,5976	0,4629	0,2673			

Кінець таблиці G.5

<i>j</i> <i>n</i>	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
8	0,9682	0,9014	0,8292	0,7500	0,6614	0,5590	0,4330	0,2500		
9	0,9718	0,9129	0,8498	0,7817	0,7071	0,6236	0,5270	0,4082	0,2357	
10	0,9747	0,9220	0,8660	0,8062	0,7416	0,6708	0,5916	0,5000	0,3873	0,2236

*n* — число центроїдних осей;  
*i* — порядковий номер центроїдної осі (якщо дивитися зовні).

Таблиця G.6 — Устаткування для вимірювання швидкості

Вимірювальний прилад	Діапазон вимірювання, м/с	Кутовий діапазон, усередині якого невизначеність 1 %	Невизначеність первинно вимірюваних величин, %
Трубка Піто (тонкостінний пробник)	Див. рисунок G.6	±23	±0,1 **
Трубка Прандтла	Див. рисунок G.6	± 12	± 1 **
Пітостатична трубка з еліпсоїдною головкою	Див. рисунок G.6	±21	± 1 **
Пітостатична трубка із прямим відліком	від 2 до 50	± 15	± 2 кінцевого значення шкали
Механічний крильчатий анемометр	від 3 до 20	± 10	±5
Електричний крильчатий анемометр	від 2 до 20	± 10	± 5 кінцевого значення шкали
Фотоелектричний крильчатий анемометр	від 1 до 80	± 10	± 5 кінцевого значення шкали
Термозонди	від 0 до 5	*	± 5 кінцевого значення шкали
Термоанемометр	>0,1	*	від ± 10 до ± 1,0

\* залежно від конструкції зонда;  
\*\* пов'язане з динамічним тиском.

Таблиця G.7 — Невизначеність вимірювання а потоці зі швидкістю, близькою до нульової, як функція кількості точок вимірювання

Кількість точок вимірювання	Невизначеність місця вимірювання $t_u$ , %					
	Неправильність ділянки профілю U, %					
	2	10	20	30	40	50
4	6	12	20	28	36	42
5	5	11	17	24	31	36
6	5	10	15	21	27	23
8	4	8	13	18	13	27
10	3	7	12	16	20	24
20	2	5	8	11	14	16

30	2	4	7	9	11	14
50	1	3	5	7	8	10
100	1	2	3	5	6	7
200	1	1	2	3	4	5

Таблиця G.8 — Устаткування для вимірювання потоку рідини

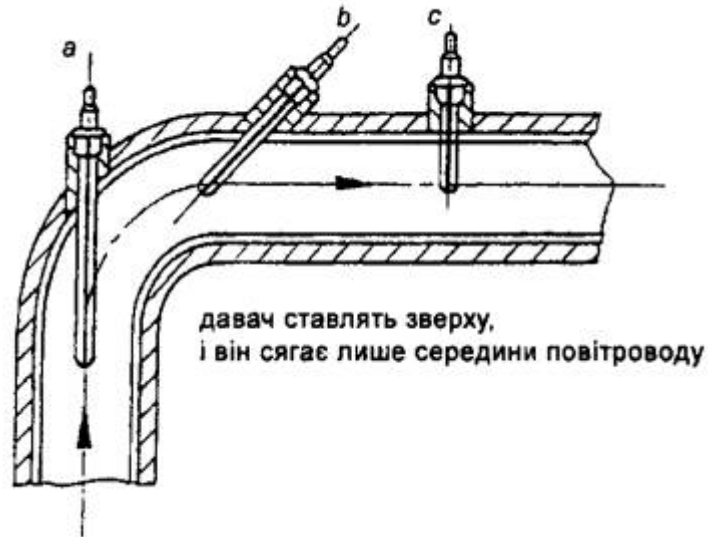
Вимірювальні прилади	Відносна похибка *, %	Примітки
Об'ємні витратоміри: 7 зливальні витратоміри 8 пікнометри	$\pm(0,1—0,2) \pm (0,1—0,25)$	Варто уникати поверхневого натягу Фільтрування перед точкою вимірювання
Турбінні витратоміри: u) витратоміри Вольтманна v) гідрометричні крильчаті витратоміри	$\pm (1-5) \pm(1-2)$	Повинен бути врахований профіль швидкості на вході
Метод різниці тисків: 7.3.1.3 стандартизовані дросельні пристрої 7.3.1.4 гідравлічний витратомірний міст	$\pm(1-2,5)$ $\pm(1-3)$	Впливом в'язкості треба зневажити
Вимірювання швидкості: — вимірювальні зонди — ультразвукові вимірювання витрати — поплавковий витратомір	$\pm 1 \pm 2 \pm (1-2)$	Див. F.3.4. 2 Прямий ввідний патрубок не потрібний
Метод зважування	$\pm(0,1—1)$	—
Магнітно-індукційне вимірювальне устаткування	$\pm 1$	Рідина повинна бути електропровідна
* Вимірюваної величини.		

Таблиця G.9 — Устаткування для вимірювання чистоти повітря, концентрації забруднень і концентрації частинок

Вимірювальний прилад	Область застосування	Відносна похибка, %
Ваговий лічильник	від 0,1 мг/м <sup>3</sup> до 20 мг/м <sup>3</sup>	Відповідно до методу калібрування
Гравіметричний метод	від 2 мг/м <sup>3</sup> до 100 мг/м <sup>3</sup>	
Лічильник частинок за допомогою розсіяного світла	$\geq 0,1$ мкм	$\pm 20$
Спектрометр розміру частинок	$\geq 1$ мкм	$\pm 10$
Аерозольний фотометр	Випробовування фільтра	$\pm 10$
Метод мембранного фільтра	$\geq 0,1$ мкм	$\pm(5-30)$
Випробовувальна трубка	Гази і пари від 0,1 до 12 частинок на мільйон	$>5$
	Багатоатомні неелементарні гази Спектральна область від 0,25 нм до 1,2 нм	$>5$
Газовий хроматограф	$\geq 1$ частинки на мільйон	$>5$

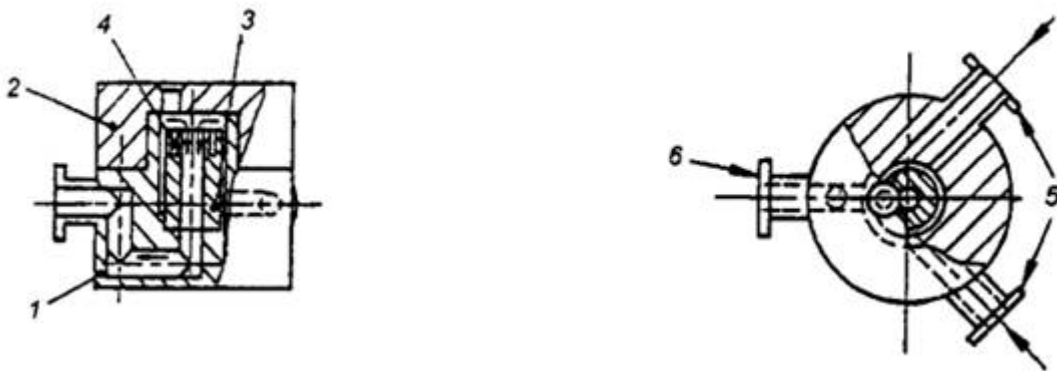
Таблиця G.10 — Електровимірювальне устаткування

Вимірювальне устаткування	Класи точності
Амперметр	1
Амперметр і вимірювальний трансформатор	1,5
Вольтметр	1
Вольтметр і вимірювальний трансформатор	1,5
Вимірювач ефективної потужності (схема Арона)	від 0,5 до 1,0
— з вимірювальним трансформатором	» 0,5 » 1,5
Вимірювач ефективної потужності з трьома вимірювальними системами	» 0,5 » 1,5
— з вимірювальним трансформатором	» 0,5 » 1,5



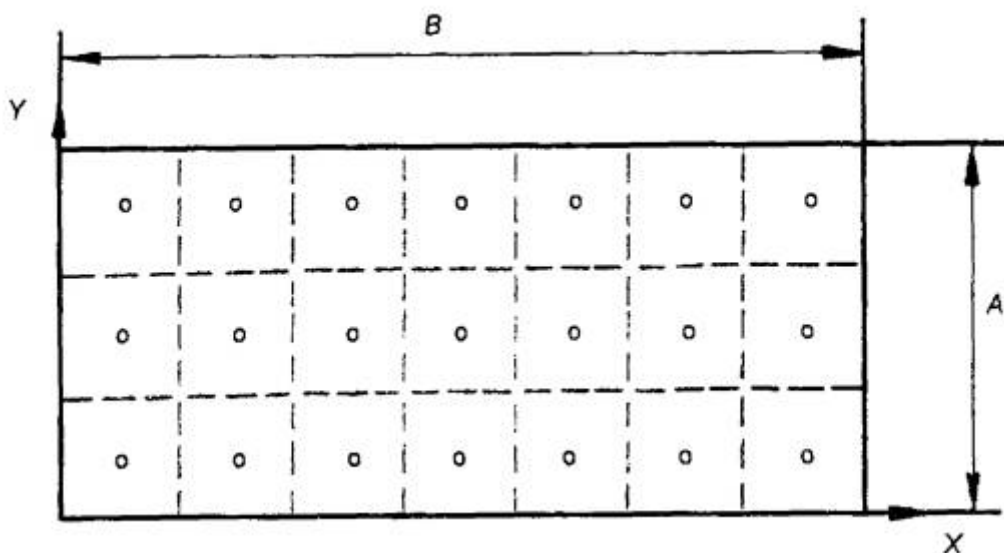
a — у колінах, перпендикулярних напрямку потоку;  
 b — у вузьких повітрово́дах, повернених проти напрямку потоку; c — перпендикулярно напрямку потоку (треба враховувати вищі похибки вимірювання).

**Рисунок G.1** — Установлювання захисних трубок у круглих повітрово́дах з однорідним розподілом температур



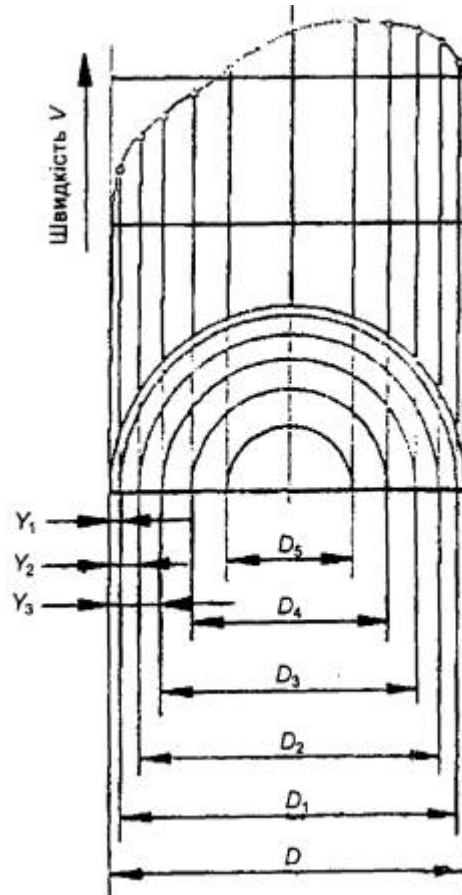
1 — деталь пластикової коробки зі сполучними деталями;  
 2 — деталь пласти кової коробки із входами для термоелементів;  
 3 — мідний циліндр;  
 4 — отвори для термоелементів;  
 5 — вхідні з'єднання. Внутрішнє з'єднання закрито штепселем;  
 6 - з'єднання з потоком, що відходить.

**Рисунок G.2** — Приклад конструкції вимірювальної головки



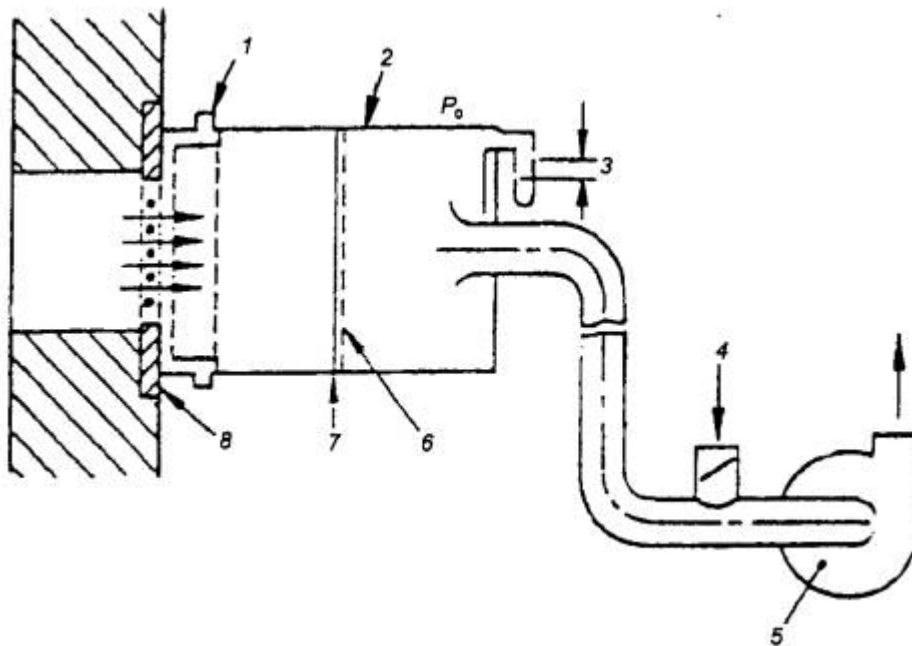
$X_i, Y_i$  — координати точок вимірювання  $\sigma$ .

**Рисунок G.3** — Поділ прямокутного поперечного перерізу на вимірвальні області рівної площі  
 $D$  — діаметр по центроїдній осі;



$D$  — діаметр по центроїдній осі;  
 $Y_i$  — відстань від стінки.

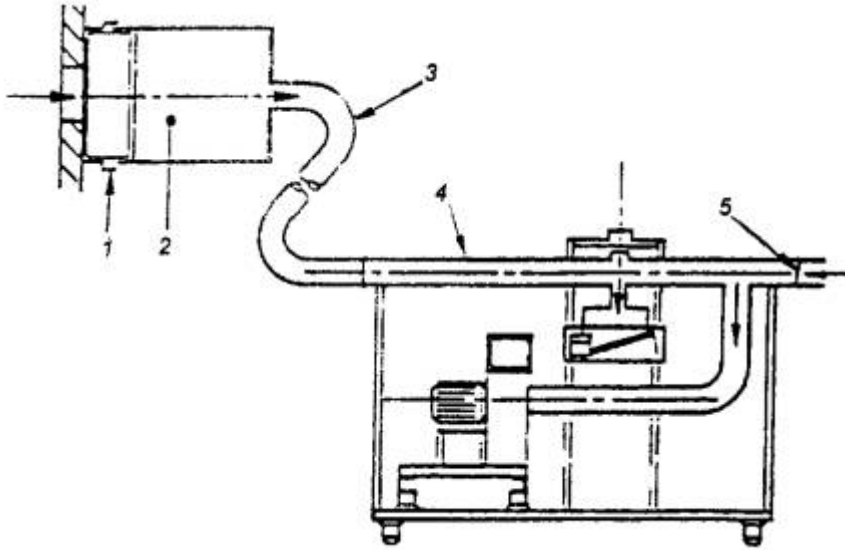
**Рисунок G.4** — Поділ круглого поперечного перерізу на вкладені кільця рівної площі



- 1 — мембрана тиску;
- 2 — вимірвальна камера;
- 3 —  $\Delta p$  сопла;
- 4 — байпас;

- 5 — допоміжний вентилятор;
- 6 — сито для матеріалу;
- 7 перфорована пластина;
- 8 сполучна пластина.

а) пристрій вимірювання повітряного потоку із забірним соплом

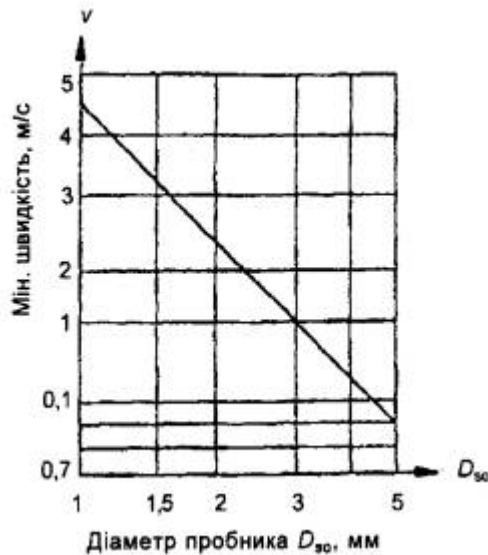


- 1 — мембрана тиску;
- 2 — вимірювальна камера;
- 3 — гнучке з'єднання;
- 4 — вимірювальна секція;
- 5 — заслінка байпаса.

б) пристрій вимірювання повітряного потоку із закривальною пластиною

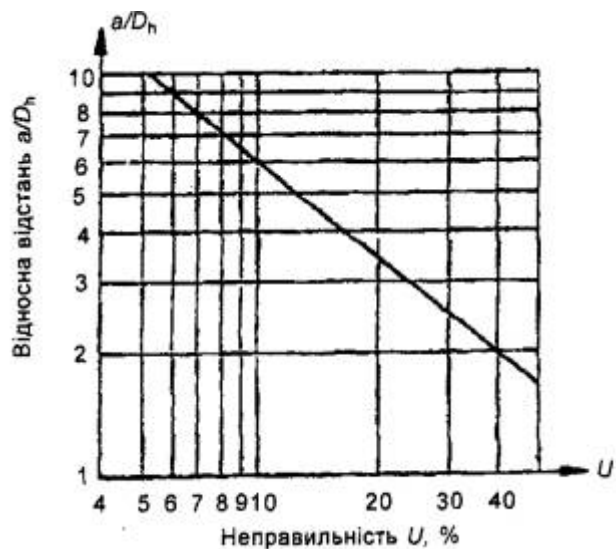
**Рисунок G.5** — Приклади вимірювання повітряного потоку з використанням

компенсаційного методу

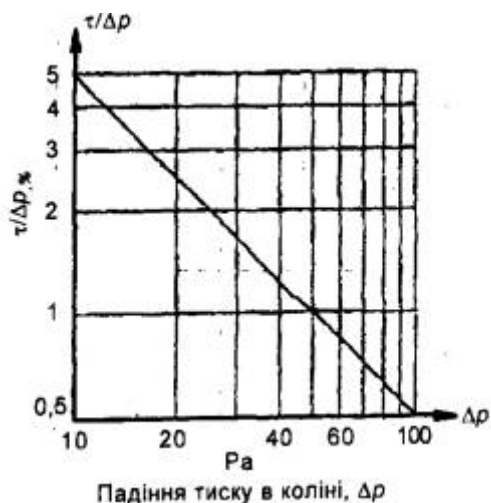


**Рисунок G.6** — Взаємозв'язок між мінімальною швидкістю  $V$  і діаметром зонда  $D_{90}$

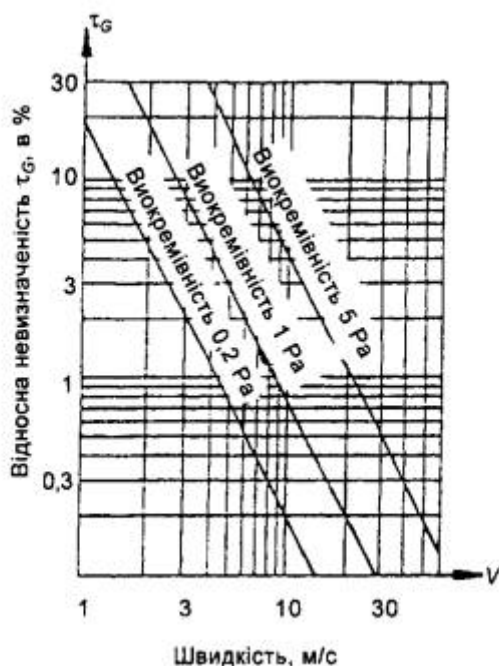




**Рисунок G.7** — Емпіричний взаємозв'язок між неправильністю U-профілю і відносною відстанню  $a/D_h$  між точкою вимірювання і перешкодою

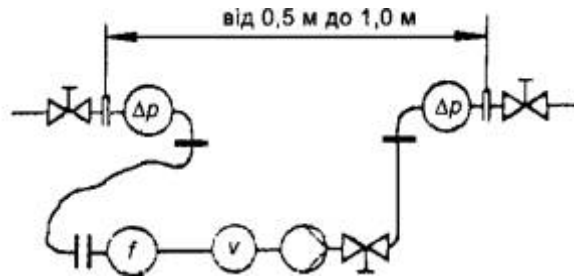


**Рисунок G.8** — Невизначеність вимірювання повітряного потоку під час використання компенсаційного методу для невизначеності різниці тисків, що становить 1 Па



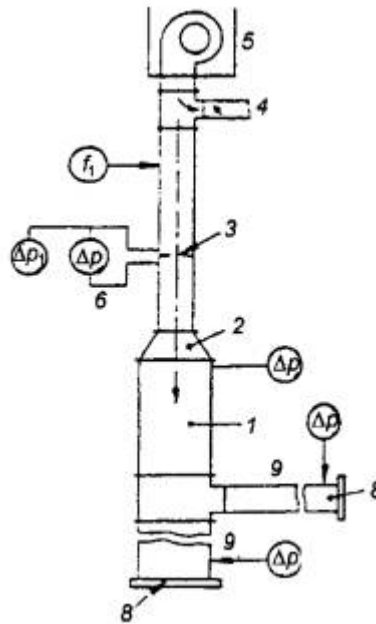
**Рисунок G.9** — Відносна невизначеність вимірюваної величини швидкості в пітостатичних трубках залежно від

виокремівної здатності використовуваного устаткування для вимірювання різниці тисків



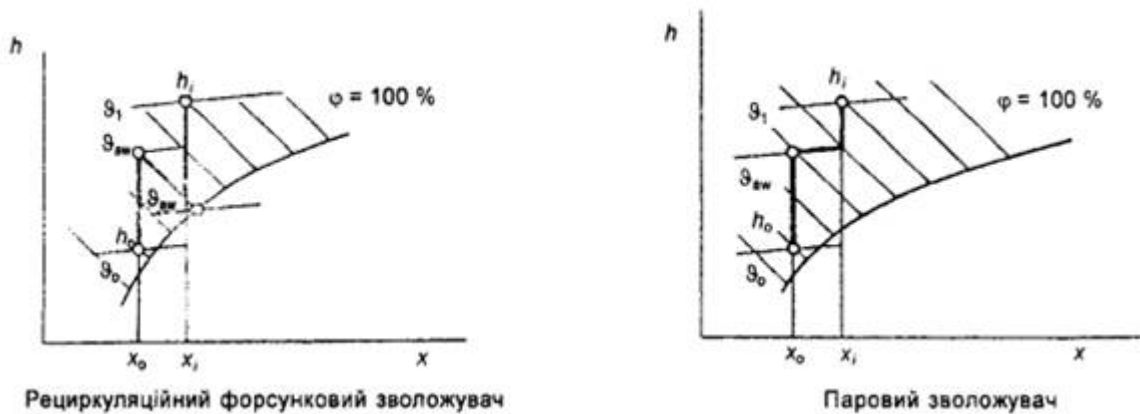
**Рисунок G.10** — Система для вимірювання потоку (блок-схема)

Різниця тисків системи повинна бути мала порівняно з падінням тиску між сусідніми ділянками повітропроводу



- 1 — випробовувана секція повітропроводу;
- 2 — перетворювальна деталь;
- 3 — пристрій вимірювання об'єму;
- 4 — байпас;
- 5 — вентилятор;
- 6 — дисплей різниці тисків;
- 7 — випробовувальний тиск — робочий тиск;
- 8 — герметизовані отвори;
- 9 — робочий тиск.

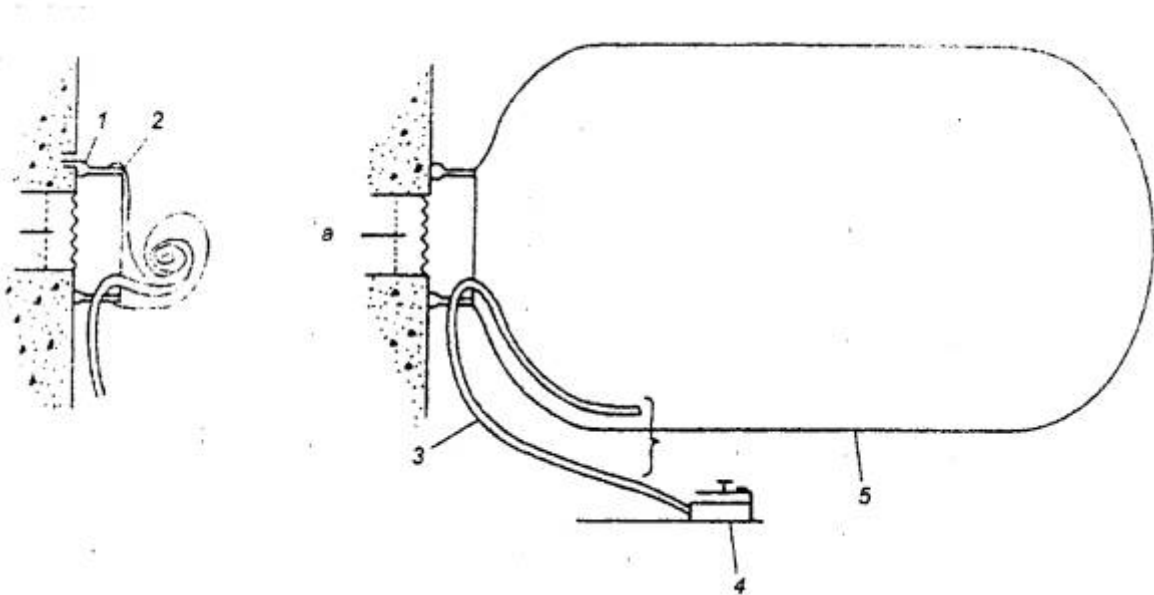
**Рисунок G.11** — Вимірювальна система для вимірювання витoku повітря



- $\vartheta_1$  — температура припливного повітря (на виході з «пост-нагрівача»);
- $\vartheta_{sw}$  — температура повітря на вході промивача повітря;
- $\vartheta_0$  — температура зовнішнього повітря (вхід «перед-нагрівача»);
- $x_i$  — вологість припливного

повітря (вихід «пост-нагрівача»);  
 $x_o$  — вологість зовнішнього  
 повітря (вхід «перед-нагрівача»);  
 $h_i$  — ентальпія припливного  
 повітря (вихід «пост-нагрівача»);  
 $h_o$  — ентальпія зовнішнього  
 повітря (вхід «перед-нагрівача»);  
 $\vartheta$  — відносна вологість;  
 $\vartheta_o$  — температура повітря.

**Рисунок G.12** — Приклад  
 відображення ходу процесу на  $h, x$ -діаграмі



1 —  
 ущільнення;  
 2 — рама, до  
 якої кріплять пластиковий мішок;  
 3 —  
 вимірювальна трубка діаметром 5  
 мм, з'єднана з мікроманометром;  
 4 —  
 мікроманометр;  
 5 —  
 пластиковий мішок, товщина  
 матеріалу від 0,03 мм до 0,04 мм.

**Рисунок G.13** — Схема  
 вимірювання методом з використанням  
 мішка

#### ДОДАТОК Н (довідковий) КОНТРАКТНІ УГОДИ

Для того щоб можна було застосувати цей стандарт, у контракт на установлення повинні бути долучені такі вимоги:

- посилання на цей стандарт і визначення обсягу процедури випробовування (наприклад, допуски, методи вимірювання тощо), а також усі винятки або зміни;
- визначення відповідальності за проведення процедур випробовування і (або) відповідного нагляду, охоплюючи складання звіту про випробування;
- умови для проектування системи вентиляції і кондиціонування повітря (наприклад, призначеність будівлі);
- умови для випробовування у майбутньому, які не можуть бути проведені відразу через певні причини (наприклад, через погодні умови, часткову відсутність людей у будівлі);
- обсяг функційних перевірень і вимірювань;

- обсяг і методи відповідних спеціальних вимірювань;
- необхідні дії у випадку незадовільних результатів випробування (наприклад, можливе повторне випробування після перевірки системи).

У контракті на установлення треба частково або повністю визначати типи і кількість установлюваного устаткування. Однак допустимо визначати тільки характеристики, які повинні бути досягнуті для системи. Перевіряти на комплектність треба відповідно до переліку установленого устаткування і технічних специфікацій. Якщо специфікації на устаткування є частина угоди, цей список буде повторювати дані специфікації, і на нього треба робити посилання як на «перелік-специфікацію».

#### ДОДАТОК I (довідковий)

### ПРИКЛАДИ ВИЗНАЧАННЯ КІЛЬКОСТІ ФУНКЦІЙНИХ ПЕРЕВІРЯНЬ І ВИМІРЮВАНЬ

#### 1.1 Функційне перевіряння

Приклад визначання кількості функційних перевірянь наведено у таблиці I.1.

Таблиця I.1 — Визначання кількості функційних перевірянь

Параметр	Напрямок обертання вентилятора	Реакція регуляторів кондиціонерів-доводжувачів
Опис системи	Система витягової вентиляції, 9 дахових вентиляторів, що обслуговують 135 житлових приміщень	Будівля, у якій встановлено 500 4-трубних кондиціонерів-доводжувачів
Проведене перевіряння	Візуальний огляд	Перевіряння правильної реакції регуляторів кондиціонерів на зміну заданої величини: w) емісія холоду за низької заданої величини x) емісія тепла за високої заданої величини y) перевіряння існування нейтральної зони змінюванням заданої величини
Рівень	A B C	A B C
Кількість перевірянь	4 6 9	19 37 71

#### 1.2 Функційні вимірювання

Приклад визначання кількості функційних вимірювань наведено у таблиці I.2.

Таблиця I.2 — Визначання кількості функційних вимірювань

Параметр	Повітряний потік на пристрої входу/виходу повітря	Температура в приміщенні
Опис системи	Універсальний магазин із зональними центральними кондиціонерами (15 зон), повітря розсіюється за допомогою лінійних стельових повітророзподільників (у середньому 12 повітророзподільників на зону)	Адміністративна будівля, що складається з 96 окремих кімнат і ландшафтних холів, розділена на 48 зон — системи зі змінним об'ємом повітря в ландшафтних холах, кондиціонери-доводжувачі в окремих кімнатах
Проведене перевіряння	Вимірювання повітряного потоку на сполучних повітроводах повітророзподільника (варіант: на виході повітророзподільника за допомогою компенсаційного витратоміра) Незважаючи на наявність 15 окремих систем, розрахування п ведуть для загального числа повітророзподільників = 180	Вимірювання температури повітря в приміщенні за умов, близьких до розрахункових. Тому що ландшафтні холи і окремі кімнати поводяться по-різному, розрахування для них роблять окремо. $p_1 = 2,23 \cdot 96^{0,45} \approx 17$ $p_2 = 2,23 \cdot 48^{0,45} \approx 13$
Рівень	A B C	B
Кількість перевірянь	13 23 42	кімната хол безпосередні вимірювання 15 12 запис протягом 24 год 2 1 усього 17 13

**ПРИКЛАДИ НЕВИЗНАЧЕНОСТІ ВИМІРЮВАННЯ**

Витрата повітря: Вимірювання швидкості і поперечного перерізу

**J.1 Вимірювання швидкості за допомогою трубки Прандтла**

а) Розмір повітроводу

Заданий розмір повітроводу 200 мм x 200 мм

(± 2 мм)

$$\tau_s = 1 \%$$

б) Поперечний переріз

Положення вимірювання 800 мм після коліна:  $a/D_h = 4$ 

Неправильність профілю за рисунком G.7 = 16 %

Обрана кількість положень вимірювання: 10

За таблицею G.7 оцінюємо невизначеність:

$$\tau_{11} = 10 \%$$

с) Зонд

Трубка Прандтла ± 1 %  $p_{dvn}$ 

$$\tau_p = 1 \%$$

За таблицею G.6:

д) Прилад для вимірювання тиску

Виокремівність манометра 1 Па

Швидкість у повітроводі 5 м/с

Невизначеність за таблицею G.1:

$$\tau_C = 3 \%$$

е) Густина

Невизначеність вимірювання густини

$$\tau_d = 2 \%$$

Загальна невизначеність:

$$\tau_t = \sqrt{(2\tau_s)^2 + (\tau_u)^2 + \left(\frac{1}{2} \cdot \tau_p\right)^2 + (\tau_G)^2 + \left(\frac{1}{2} \cdot \tau_d\right)^2}$$

$$\tau_t = \sqrt{4 \cdot 0,0001 + 0,01 + \frac{1}{4} \cdot 0,0001 + 0,0009 + \frac{1}{4} \cdot 0,0004}$$

$$\tau_t = \sqrt{0,01150}$$

$$\tau_t = 11\%$$

Для зниження невизначеності треба збільшити або кількість вимірювань, або відстань від коліна.

**J.2 Приклад з тими самими параметрами, що і у прикладі J.1, але з меншою швидкістю і з більшою відстанню**б) Відстань від коліна: 1200 мм,  $a/D_h = 6$ 

Неправильність профілю 10 %

$$\tau_{11} = 7 \%$$

д) Виокремівність манометра 1 Па

Швидкість 3 м/с

$$\tau_C = 8 \%$$

$$\tau_t = \sqrt{4 \cdot 0,0001 + 0,0049 + 0,000025 + 0,0064 + 0,0001}$$

$$\tau_t = 10,8 \%$$

 $\tau_s$  і  $\tau_p$  можна зневажити.**J.3 Приклад: Вимірювання швидкості осьовим крильчатим анемометром**

Механічний крильчатий анемометр

З таблиці G.6: Невизначеність ± 5 %

$$\tau_{11} = 5 \%$$

Вимірювання за вентилятором за виходом повітроводу

розміром 500 мм x 500 мм, відстань від

вимірювального поперечного перерізу 1 м

$$\rightarrow a/D_h = 2$$

Неправильність профілю за рисунком G.8:

$U = 40 \%$ . 10 положень вимірювання.  
З таблиці G.7:

$T_u = 20 \%$

$tt = 21 \%$ .

## БІБЛІОГРАФІЯ

- EN 779 Particulate air filters for general ventilation — Requirements, testing, marking  
pr EN 1507:1994 Ventilation for buildings — Rectangular sheet metal air ducts — Requirements and testing  
ENV 1631 Cleanroom technology — Design, construction and operation of cleanrooms and clear air devices  
pr EN 12237:1994 Ventilation for buildings — Circular sheet metal air ducts — Requirements and testing  
EN ISO 3744 Acoustics — Determination of sound power levels of noise sources using sound pressure —  
Engineering method in an essentially free field over a reflecting plane (ISO 3744:1994)  
EN ISO 3746 Acoustics — Determination of sound power levels of noise sources using sound pressure — Survey  
method using an enveloping measurement surface over a reflecting plane (ISO 3746:1995)  
EN ISO 11201 Acoustics — Noise emitted by machinery and equipment — Measurement of emission sound power  
levels at a work station and at other specified positions — Engineering method in an essentially free field over a  
reflecting plane (11201:1995)  
ISO 3747 Acoustics — Determination of sound power levels of noise sources — Survey method using a reference  
sound source  
ISO 3740 Acoustics — Determination of sound power levels of noise sources — Guideline for the use of basic  
standards and for the preparation of noise test codes  
ISO 7726 Ergonomics of the thermal environment — Instruments and methods for measuring physical quantities  
EN ISO 5167-1 Measurements of fluid flow by means of pressure differential devices — Part 1: Orifice plates,  
nozzles and Venturi tubes inserted in circular cross-section conduits running full (ISO 5167-1:1991)  
ISO 5219 Air distribution and air diffusion — Laboratory aerodynamic testing and rating of air terminal devices.

УКНД 91.140.30

Ключові слова: системи вентиляції і кондиціонування повітря, процедури випробування, методи  
вимірювання, перевіряння, невизначеність вимірювання.