



НАЦІОНАЛЬНИЙ СТАНДАРТ УКРАЇНИ

---

## **ТЕПЛООБМІННИКИ**

**Методи випробовування пристроїв  
регенерування теплоти «повітря—повітря»  
та «повітря—відпрацьований газ»  
для визначання експлуатаційних  
характеристик  
(EN 308:1997, IDT)**

**ДСТУ EN 308–2001**

БЗ № 2–2002/110

Київ  
ДЕРЖСПОЖИВСТАНДАРТ УКРАЇНИ  
2003

## ПЕРЕДМОВА

- 1 ВНЕСЕНО Інститутом енергетичних досліджень, ТК 48 «Енергозбереження»
- 2 НАДАНО ЧИННОСТІ наказом Держстандарту України від 1 квітня 2002 р. № 205 з 2003–07–01
- 3 Стандарт відповідає EN 308:1997 Heat exchangers — Test procedure for establishing performance of air to air and flue gases heat recovery devices (Теплообмінники. Методи випробування пристроїв регенерування теплоти «повітря—повітря» та «повітря—відпрацьований газ» для визначання експлуатаційних характеристик). Цей стандарт видано з дозволу CEN  
Ступінь відповідності — ідентичний (IDT)  
Переклад з англійської (en)
- 4 ВВЕДЕНО ВПЕРШЕ
- 5 ПЕРЕКЛАД ТА НАУКОВО-ТЕХНІЧНЕ РЕДАГУВАННЯ: **С. Дубовський**, канд. техн. наук; **В. Мищенко**, канд. техн. наук; **І. Стоянова**, канд. техн. наук; **Л. Вятчаніна**, канд. біол. наук; **С. Вятчаніна**; **З. Шварцман**

## ЗМІСТ

	с.
Національний вступ .....	IV
1 Сфера застосування .....	1
2 Нормативні посилання .....	2
3 Позначки величин та індексів .....	2
4 Терміни та визначення понять .....	3
4.1 Установки регенерування теплоти .....	3
4.2 Масові потоки .....	3
4.3 Коефіцієнти .....	3
4.4 Зовнішній витік .....	3
4.5 Внутрішній витік .....	3
4.6 Внутрішній витік відпрацьованого повітря .....	3
4.7 Передавання потоку відпрацьованого повітря .....	4
4.8 Еталонні умови .....	4
4.9 Тиск .....	4
5 Загальні технічні вимоги .....	4
5.1 Установки регенерування теплоти .....	4
5.2 Зовнішній витік .....	4
5.3 Внутрішній витік відпрацьованого повітря .....	4
5.4 Передавання відпрацьованого повітря .....	5
5.5 Температурні коефіцієнти та коефіцієнти вологості .....	5
5.6 Падіння тиску .....	7
6 Методи випробування та вимоги до похибок вимірювання .....	7
6.1 Випробування зовнішнього витоку .....	7
6.2 Випробування внутрішнього витоку (категорії I і IIa) .....	7
6.3 Випробування витоку відпрацьованого повітря (категорія III) .....	7
6.4 Визначання коефіцієнтів .....	8
6.5 Випробування падіння тиску .....	9
6.6 Тепловий баланс .....	9
7 Протокол випробування .....	9
7.1 Установка регенерування теплоти .....	9
7.2 Зовнішній витік .....	9
7.3 Внутрішній витік .....	9
7.4 Передавання відпрацьованого повітря (категорія III) .....	9
7.5 Температурні коефіцієнти та коефіцієнти вологості .....	10
7.6 Падіння тиску — для еталонних умов повітря .....	10
7.7 Додаткові дані .....	10

## НАЦІОНАЛЬНИЙ ВСТУП

Цей стандарт є ідентичний переклад EN 308:1997 Heat exchangers — Test procedure for establishing performance of air to air and flue gases heat recovery devices (Теплообмінники. Методи випробовування пристроїв регенерування теплоти «повітря—повітря» та «повітря—відпрацьований газ» для визначання експлуатаційних характеристик).

Цей стандарт розроблено Технічним комітетом CEN/TC 110 «Теплообмінники», секретаріат якого розташовано в Британському інституті зі стандартизації (BSI).

Технічний комітет, відповідальний за цей стандарт, — ТК 48 «Енергозбереження».

Стандарт містить вимоги, які відповідають чинному законодавству України.

До стандарту внесено такі редакційні зміни:

— передмову до європейського стандарту вилучено, за винятком інформації про ТК CEN/TC 110, яку внесено до «Національного вступу»;

— у розділі 2 «Нормативні посилання» подано «Національне пояснення» щодо перекладу українською мовою назв стандартів;

— «Національне пояснення» виділено у тексті стандарту рамкою;

— структурні елементи цього стандарту: «Обкладинку», «Передмову», «Зміст», «Національний вступ» та «Бібліографічні дані» — оформлено згідно з вимогами державної системи стандартизації України;

— одиниці фізичних величин подано згідно з вимогами національних стандартів.

IEC 247:1997, IEC 305:1997, IEC 306:1997 впроваджуються в Україні, як національні стандарти.

Копії стандартів можна отримати у Національному фонді нормативних документів.

НАЦІОНАЛЬНИЙ СТАНДАРТ УКРАЇНИ

---

**ТЕПЛООБМІННИКИ**

**Методи випробовування пристроїв регенерування теплоти  
«повітря—повітря» та «повітря—відпрацьований газ»  
для визначання експлуатаційних характеристик**

**ТЕПЛООБМЕННИКИ**

**Методы испытаний устройств регенерации тепла  
«воздух—воздух» и «воздух—отработанный газ»  
для определения эксплуатационных характеристик**

**HEAT EXCHANGERS**

**Test procedure for establishing performance  
of air to air and flue gases heat recovery devices**

---

Чинний від 2003–07–01

**1 СФЕРА ЗАСТОСУВАННЯ**

Цей стандарт визначає методи лабораторного випробовування для визначання вимірюваних параметрів установок регенерування теплоти із суміші повітря—повітря та пристроїв, які генерують теплоту із відпрацьованих газів опалювальних установок в будинках (за винятком застосовування типу процес—процес). У стандарті визначено вимоги та методи випробовування, а також вхідні критерії, які необхідні для випробовування для підтвердження вказаних виробником робочих даних.

У цьому стандарті до терміну «відпрацьоване повітря» відносять і продукти згоряння.

Цей стандарт розроблено як основу для випробовування установок регенерування теплоти для HVAC-систем, які визначено в EN 247. До HVAC-системи відносяться теплообмінники, які встановлено в корпусі з відповідними приєднаннями каналів повітря і, в деяких випадках, із вентиляторами та насосами, але без інших функціональних вузлів.

Цей стандарт поширюється на такі категорії теплообмінників:

Категорія I Рекуператори

Категорія II Теплообмінник із проміжно увімкненими засобами теплопередавання

Категорія IIa: без зміни фази

Категорія IIb: зі зміною фази (теплова труба тощо)

Категорія III Регенератори (з масою, що накопичує теплоту)

Категорія IIIa: не гігроскопічні

Категорія IIIb: гігроскопічні

Установки регенерування теплоти з теплообмінниками та з проміжно увімкненими засобами теплопередавання без зміни фази (категорія IIa) слід перевіряти як комплексні функціональні вузли, зокрема насоси та трубопроводи між пучками труб.

Цей стандарт установлює методи випробовування, за допомогою яких слід визначати такі показники:

а) зовнішній витік;

- b) внутрішній витік відпрацьованого повітря для додаткового повітря всередині установок регенерування теплоти категорії I і II за умови визначеної різниці тиску між каналами повітря;
- c) передавання відпрацьованого повітря в додаткове повітря установок регенерування теплоти категорії III;
- d) температурний коефіцієнт та коефіцієнт вологості;
- e) падіння тиску між точками відводу та подавання повітря.

## 2 НОРМАТИВНІ ПОСИЛАННЯ

Цей стандарт містить вимоги з інших публікацій через посилання на ці публікації із зазначенням та без зазначення року їх опублікування. Ці нормативні посилання наведено у відповідних місцях тексту, а перелік публікацій наведено нижче. У разі посилань на публікації із зазначенням року їх опублікування наступні зміни або наступні редакції цих публікацій чинні для цього стандарту тільки в тому випадку, якщо їм надано чинності зміною або підготовленням нової редакції. У разі посилань на публікації без зазначення року опублікування, чинним є останнє видання наведеної публікації.

EN 247 Heat exchangers — Terminology

EN 305 Heat exchangers — Definition of performance of heat exchangers and the general test procedure for establishing performance of all heat exchangers

EN 306 Heat exchangers — Methods of measuring parameters necessary for establishing the performance

EN 307 Heat exchangers — Guidelines to prepare installation, operating and maintenance instructions required to maintain the performance of each type of heat exchanger

### НАЦІОНАЛЬНЕ ПОЯСНЕННЯ

EN 247 Теплообмінники. Терміни та визначення понять

EN 305 Теплообмінники. Визначення експлуатаційних характеристик теплообмінників та загальна методика випробовування для встановлення експлуатаційних характеристик усіх теплообмінників (в Україні буде впроваджено як ДСТУ EN 305–2001, IDT)

EN 306 Теплообмінники. Методи вимірювання необхідних параметрів для встановлювання робочих характеристик

EN 307 Теплообмінники. Директиви з розроблення настанов з монтажу, експлуатування та технічного обслуговування, які потрібні для необхідного підтримання потужності всіх теплообмінників

\* Копії документів можна отримати в Національному фонді нормативних документів.

## 3 ПОЗНАКИ ВЕЛИЧИН ТА ІНДЕКСІВ

- $a$  концентрація,  $10^{-6}$ ;
- $n$  швидкість обертання,  $\text{хв}^{-1}$ ;
- $x$  вміст вологи, кг води / кг сухого повітря;
- $d_n$  діаметр круглого каналу (еквівалентного діаметру), за якого падіння тиску, у разі однакової швидкості масового потоку повітря, дорівнює падінню тиску у каналі, який фактично існує,  $\text{м} \cdot 10^{-3}$ ;
- $\mu$  динамічна в'язкість,  $\text{кг} \cdot \text{м}^{-1} \cdot \text{с}^{-1}$ ;
- $q_{mn}$  номінальний масовий потік повітря установки регенерування теплоти, зазначений виробником,  $\text{кг} \cdot \text{с}^{-1}$ ;
- $q_{m1}$  масовий потік відпрацьованого повітря,  $\text{кг} \cdot \text{с}^{-1}$ ;
- $q_{m2}$  масовий потік повітря, що його подають,  $\text{кг} \cdot \text{с}^{-1}$ ;
- $q_{мен}$  масовий потік зовнішнього витоку за від'ємного тиску,  $\text{кг} \cdot \text{с}^{-1}$ ;
- $q_{мер}$  масовий потік зовнішнього витоку за тиску, вищого ніж атмосферний,  $\text{кг} \cdot \text{с}^{-1}$ ;
- $q_{mco}$  масовий потік відпрацьованого повітря, яке передається,  $\text{кг} \cdot \text{с}^{-1}$ ;
- $q_{mil}$  масовий потік внутрішнього витоку,  $\text{кг} \cdot \text{с}^{-1}$ ;
- $\Delta p_1$  падіння тиску відпрацьованого повітря, Па;
- $\Delta p_2$  падіння тиску повітря, яке подається, Па;
- $\eta_t$  температурний коефіцієнт;

$\eta_x$	коефіцієнт вологості;
$t_w$	температура вологої кулі термометра, °C;
21	вхід повітря, яке подається (див. рисунок 3);
22	вихід повітря, яке подається (див. рисунок 3);
11	вхід відпрацьованого повітря (див. рисунок 3);
12	вихід відпрацьованого повітря (див. рисунок 3).

#### Індекси

n	номінальне значення;
e <sub>n</sub>	зовнішній витік повітря, від'ємний тиск;
e <sub>r</sub>	зовнішній витік повітря, тиск, вищий ніж атмосферний;
i <sub>l</sub>	внутрішній витік повітря;
co	витік передавання повітря;
w	волога куля термометра;
meas	вимірювання.

## 4 ТЕРМІНИ ТА ВИЗНАЧЕННЯ ПОНЯТЬ

У цьому стандарті, нарівні з термінами, які містяться в EN 247, використано такі терміни з відповідними визначеннями:

### 4.1 установки регенерування теплоти (*heat recovery device*)

Установки регенерування теплоти представляють собою теплообмінник або комбінації теплообмінників, які передають теплоту і, в деяких випадках, вологість, залежно від різниці температур, яка існує між потоками відпрацьованого і приточного повітря, та вмісту вологи.

Установки регенерування теплоти, здебільшого, монтують в корпусі з відповідним з'єднанням каналів повітря.

Установки регенерування теплоти класифікують згідно з розділом 1 на три категорії.

### 4.2 масові потоки (*mass flows*)

Масовий потік  $q_{m22}$  повітря, що його подають, і масовий потік  $q_{m11}$  відпрацьованого повітря, використовують як основні значення.

Йдеться про масові потоки, що їх подають або відводять з боку користувача.

### 4.3 коефіцієнти (*ratios*)

Температурні коефіцієнти та коефіцієнти вологості установки регенерування теплоти визначають з боку повітря, що його подають, за такими формулами:

$$\eta_t = \frac{t_{22} - t_{21}}{t_{11} - t_{21}},$$

$$\eta_x = \frac{X_{22} - X_{21}}{X_{11} - X_{21}}.$$

Примітка. Для того, щоб запобігти помилці, температурні коефіцієнти та коефіцієнти вологості не визначають зі сторони відпрацьованого повітря. Визначені зі сторони повітря, що його подають, коефіцієнти було вибрано, тому що температура та вологість повітря, що його подають, є основні критерії для визначання установок регенерування теплоти. Якщо потрібні дані зі сторони відпрацьованого повітря, то умови можна розраховувати з теплового і масового балансу.

### 4.4 зовнішній витік (*external leakage*)

Витік повітря, яке протікає через установку регенерування теплоти до навколишнього середовища.

### 4.5 внутрішній витік (*internal leakage*)

Витік повітря між первинними і вторинними повітряними потоками установки регенерування теплоти.

### 4.6 внутрішній витік відпрацьованого повітря (*internal exhaust air leakage*)

Внутрішній витік зі сторони відпрацьованого повітря до сторони повітря, що його подають, установки регенерування теплоти.

#### 4.7 передавання потоку відпрацьованого повітря (*carri-over air flow*)

Передавання відпрацьованого повітря на сторону повітря, що його подають, установки регенерування теплоти категорії III за надлишкового тиску на стороні повітря, яке подається.

#### 4.8 еталонні умови (*reference conditions*)

Повітря перебуває у вихідному стані за умов густини повітря  $1,20 \text{ кг}\cdot\text{м}^{-3}$ , динамічної в'язкості  $18,2\cdot 10^{-6} \text{ кг}\cdot\text{м}^{-1}\cdot\text{с}^{-1}$  та абсолютного тиску  $101,3 \text{ кПа}$  ( $1013 \text{ бар}$ ).

Повітря з відносною вологістю  $50 \%$ , за температури  $20,0 \text{ }^\circ\text{C}$  ( $293 \text{ K}$ ) і тиску  $101,3 \text{ кПа}$  має приблизно такі самі властивості.

#### 4.9 тиск (*pressure*)

Відносний тиск вимірюють як різницю відносно до атмосферного тиску. Якщо не вказано нічого іншого, то термін «тиск» використовують як відносний тиск.

Примітка 1. Абсолютний тиск застосовують під час розрахування властивостей повітря та рідин.

Примітка 2. Падіння тиску представляє собою різницю тиску вздовж лінії трубопроводу.

### 5 ЗАГАЛЬНІ ТЕХНІЧНІ ВИМОГИ

За необхідності та, якщо в наступних розділах відсутні інші настанови, слід застосовувати такі стандарти: EN 305, EN 306, EN 307.

#### 5.1 Установки регенерування теплоти

Установку регенерування теплоти, що її подають під час випробовування, слід монтувати на випробному стенді згідно з настановами виробника.

#### 5.2 Зовнішній витік

Герметичність визначають під час випробовування витоку за умов надлишкового та зниженого тиску  $400 \text{ Па}$ . Зовнішній витік визначають за допомогою описаного в 6.1 випробовування за умов середнього надлишкового або зниженого тиску  $400 \text{ Па}$ , відносно умов навколишнього середовища повітря, яке подається, і на стороні відпрацьованого повітря. Виміряні для зовнішнього витоку масові потоки  $q_{\text{мер}}$  і  $q_{\text{мен}}$  слід вказувати в протоколі випробовування у вигляді відсоткової долі номінального масового потоку  $(q_{\text{мер}}/q_{\text{мен}})\cdot 100 \%$ . Під час вимірювання густина повітря має бути в межах від  $1,16$  до  $1,24 \text{ кг}\cdot\text{м}^{-3}$ , вимірювання, що їх проводять поза цим діапазоном, слід перераховувати на еталонні умови.

Якщо установку регенерування теплоти було сконструйовано без загальної розділової стінки між сторонами відпрацьованого повітря і повітря, що його подають, то зовнішній витік можна визначати для теплообмінника окремо для повітря, що його подають, і відпрацьованого повітря за умови  $400 \text{ Па}$  надлишкового та/або зниженого тиску. Для визначання зовнішнього витоку всієї установки регенерування теплоти ці значення підсумовують.

Для установок регенерування теплоти, що їх передбачено для системи зі статичним тиском до  $250 \text{ Па}$ , зовнішній витік можна визначати за умови  $250 \text{ Па}$  замість  $400 \text{ Па}$ . Це слід обов'язково вказувати в протоколі випробування.

#### 5.3 Внутрішній витік відпрацьованого повітря

Витік відпрацьованого повітря між обома сторонами установки регенерування теплоти характеризують масовим потоком витоку відпрацьованого повітря  $q_{\text{mil}}$  на стороні повітря, що його подають, за умови статичного тиску  $250 \text{ Па}$  на стороні відпрацьованого повітря і  $0 \text{ Па}$  на стороні повітря, що його подають, з розташуванням під час випробовування, описаного в 6.2. Під час вимірювання густина повітря має бути в межах від  $1,16$  до  $1,24 \text{ кг}\cdot\text{м}^{-3}$ , вимірювання, які проводять поза цим діапазоном, слід перераховувати до еталонних умов.

Примітка 1. Вимірювання, що їх проводять на стороні повітря, що його подають, за умов статичного тиску  $0 \text{ Па}$ , визначають тільки внутрішній витік відпрацьованого повітря і не визначають витік в корпусі.

Для установок регенерування теплоти категорії I та IIa слід визначати внутрішній витік і зазначати в протоколі випробування у вигляді відсоткової долі номінального масового потоку повітря  $(q_{\text{mil}}/q_{\text{mn}})$ . Проте, випробовування внутрішнього витоку не застосовують для установок регенерування теплоти категорії II, які не мають загальної розділової стінки між сторонами повітря, що його подають, і відпрацьованого повітря.



Для установок регенерування теплоти категорії I, які розроблено для використання в системах зі статичним тиском до 250 Па або нижче, внутрішній витік можна визначати тільки за умови 100 Па на стороні відпрацьованого повітря. Це слід обов'язково вказувати у протоколі випробування.

**Примітка 2.** Внутрішній витік відпрацьованого повітря цих установок регенерування теплоти залежить від конструкції та принципу дії. Через те, що установки можуть бути сконструйовані і створені по-різному, і прикладений тиск на обох сторонах, у загальному випадку, невідомий, необхідно визначати втрати повітря.

**Примітка 3.** Для вимірювання внутрішнього витоку відпрацьованого повітря установок регенерування теплоти категорії I та, в деяких випадках, категорії II можна також використовувати метод міченого газу.

В установках регенерування теплоти категорії III (наприклад, обертові регенератори) ймовірність витоку більша і потік витоку залежить від дієвості ущільнювачів. Тому ці установки регенерування теплоти, взагалі, створюють з надлишковим тиском на стороні повітря, що його подають, і дані витоку повітря, що його подають, на сторону відпрацьованого повітря, вказує виробник. Через обертання ротора, навіть за таких співвідношень тиску, з'являється незначний внутрішній витік (зі сторони відпрацьованого повітря до сторони повітря, що його подають), так зване передавання відпрацьованого повітря. Проте, його не можна визначати за вказаними вище методами випробування внутрішнього витоку.

#### 5.4 Передавання відпрацьованого повітря

Для установок регенерування теплоти категорії III визначають масовий потік відпрацьованого повітря, що його передають на сторону повітря, що його подають,  $q_{mco}$  за різниці статичного тиску  $\Delta p_{22-11}$ , яка дорівнює 0 Па, і за вказаним у 6.3 методом з міченим газом. Швидкість передавання зазначають у протоколі випробування у вигляді відсоткової долі потоку повітря, що його подають,  $(q_{mco}/q_{m2}) \cdot 100 \%$ .

Якщо швидкість передавання перевищує 3 %, то різницю тиску  $\Delta p_{22-11}$ , за якої одержують швидкість передавання 3 %, слід визначати перед випробуванням потужності.

Зону продування встановлюють згідно з рекомендаціями виробника. Для обертових регенераторів ротор урухомлюють із номінальною швидкістю обертання, вказаною виробником. Масові потоки повітря на ділянках каналу 22-11 мають співпадати як один з одним, так і з номінальним масовим потоком повітря ( $q_{mn}$ ) установки регенерування теплоти, вказаним виробником. Під час вимірювання густина повітря має бути в межах від 1,16 до 1,24 кг·м<sup>-3</sup>, вимірювання, що їх проводять поза цим діапазоном, слід перераховувати до еталонних умов.

#### 5.5 Температурні коефіцієнти та коефіцієнти вологості

Температурний коефіцієнт  $\eta_t$  та коефіцієнт вологості  $\eta_x$  (для категорії IIIb), що визначають на стороні повітря, що його подають установки регенерування теплоти, слід визначати за 6.4 для різних масових потоків повітря, що його подають  $q_{m2}$ , та масових потоків відпрацьованого повітря  $q_{m1}$ , на стороні користувача.

Випробування треба проводити за різниці статичного тиску від 0 до 20 Па між секторами каналу 22 та 11, у цьому разі сектор 11 розташовують на стороні низького тиску. На випробування установок регенерування теплоти категорії II, які не мають розділової стінки між сторонами повітря, що його подають, і відпрацьованого повітря, ця вимога не поширюється.

**Примітка 1.** Ця вимога до різниці тиску викликає більш високий тиск на стороні повітря, що його подають, ніж на стороні відпрацьованого повітря. Отже, всі витоки повітря направлені зі сторони повітря, що його подають, до сторони відпрацьованого повітря, а виміряна потужність знижується зі збільшенням витоку.

Через те, що масові потоки в секторах 22 і 11 за цих вимог до тиску відповідають фактичним масовим потокам через теплообмінник, вплив витоку на потужність незначний.

Для установок регенерування теплоти з масовими потоками повітря нижче ніж 1,5 м<sup>3</sup>·с<sup>-1</sup> корпуси перед випробуванням потужності слід теплоізулювати, щоб знизити вплив навколишнього повітря на результати випробування. Потрібно, щоб теплоізулювальний матеріал мав тепловий опір не менший ніж 1 м<sup>2</sup>·К·Вт<sup>-1</sup>.

Ні в якому разі не можна перевищувати значення, визначені в 6.6.

Температура навколишнього середовища установки регенерування теплоти під час випробування повинна триматись в межах від 17 до 27 °С, лише за умови експлуатування у теплом кліматі температура може бути в діапазоні від 25 до 35 °С.

Температурні коефіцієнти та коефіцієнти вологості можуть перебувати під впливом зовнішнього і внутрішнього витоків. Тому випробовування не слід проводити, якщо максимум потоків зовнішнього і внутрішнього витоків, описаних в 5.2 і 5.3 перевищує 3 % номінального масового потоку повітря  $q_{mn}$ .

Для установок регенерування теплоти категорії III, у випадку обертових регенераторів, зону продування встановлюють згідно з рекомендаціями виробника. Якщо швидкість передавання відпрацьованого повітря під час випробовування перевищує 3 % масового потоку повітря, що його подають,  $q_{m2}$ , то випробовування потужності слід проводити за більш високої різниці тиску  $\Delta p_{22-11}$  (див. 5.4), яка складає 3 % швидкості передавання.

Примітка 2. За допомогою передавання відпрацьованого повітря одержують уявний підвищений коефіцієнт корисної дії, тому слід передавати лише незначну частину відпрацьованого повітря. Якщо передавання відпрацьованого повітря зберігається на низькому рівні за рахунок більш високої різниці тиску  $\Delta p_{22-11}$ , то коефіцієнт корисної дії знижується. Отже, мала зона продування знижує коефіцієнт корисної дії під час цих випробовувань.

Установки регенерування теплоти категорії IIa слід випробовувати як комплексний функціональний блок, тобто із насосом і трубопроводами. Обидва з'єднання труб можна випробовувати за параметрами, встановленими виробником для сторони рідини. У цьому випадку приєднувальні труби повинні бути теплоізолювальними і максимально короткими. Вид і концентрацію антифризу слід вибирати за рекомендаціями виробника.

Примітка 3. Короткі і теплоізолювальні приєднувальні труби підвищують коефіцієнт корисної дії, якщо з'єднання труб щільно прилягають одне до одного. Крім того, слід враховувати, що антифризи, що їх додають до води, знижують коефіцієнт корисної дії.

Для установок регенерування теплоти категорії III, за наявності обертових регенераторів, слід використовувати номінальні швидкості обертання, зазначені виробником.

Співвідношення потужності слід визначати для кожної з наступних комбінацій потоків повітря, що його подають, та відпрацьованого повітря ( $q_{m2}$  і  $q_{m1}$ ).

$q_{m2}$	$q_{mn}$	$0,67 q_{mn}$	$1,5 q_{mn}$	$0,67 q_{mn}$	$q_{mn}$	$q_{mn}$	$1,5 q_{mn}$
$q_{m1}$	$q_{mn}$	$q_{mn}$	$q_{mn}$	$0,67 q_{mn}$	$0,67 q_{mn}$	$1,5 q_{mn}$	$1,5 q_{mn}$

Як температурні коефіцієнти, так і коефіцієнти вологості слід визначати за таких умов:

Вид використання	Нагрівання	
Категорія установки регенерування теплоти	I II IIIa	IIIb
Вхід відпрацьованого повітря температура $t_{11}$ температура вологої кулі термометра $t_{w11}$	25 °C < 14 °C	25 °C 18 °C
Вхід повітря, яке подається температура $t_{21}$ температура вологої кулі термометра $t_{w21}$	5 °C	5 °C 3 °C

Для установок регенерування теплоти категорії I і II, що їх використовують для нагрівання в технічних цілях, для визначання коефіцієнтів слід проводити додаткові випробовування, якщо з'являється конденсація. Слід використовувати такі умови входу повітря:

Категорія установки регенерування теплоти	I, II
Вхід відпрацьованого повітря температура $t_{11}$  температура вологої кулі термометра $t_{w11}$	25 °C 15 °C <sup>1)</sup> 18 °C 10 °C <sup>1)</sup>
Вхід повітря, яке подається температура $t_{21}$	5 °C -15 °C <sup>1)</sup>

<sup>1)</sup> Додаткові випробовування для холодного клімату (тривалістю не менше ніж 6 год.)

**Примітка 4.** Ці вхідні умови застосовують для випробовування з метою підтвердження технічних даних, указаних виробником. Метод випробовування можна застосовувати і для визначання розрахункових даних установки регенерування теплоти за всім діапазоном застосовування.

Після випробовування для холодного клімату, яке має тривати не менше ніж 6 год, необхідно провести зовнішній огляд функціонального вузла. Цей зовнішній огляд слід здійснювати безпосередньо після відтаювання або подібного заходу. У протоколі випробування слід зазначити спостереження за процесом заморожування і конденсації на роботу установки регенерування теплоти і для відводу сконденсованої води.

### 5.6 Падіння тиску

Падіння тиску на стороні повітря, яке подається, та відпрацьованого повітря треба визначати згідно з 6.5, щонайменше для п'яти різних масових потоків повітря на обох сторонах установки регенерування теплоти ( $q_{m2}$  і  $q_{m1}$ ) в діапазоні від 50 % до 150 % номінального масового потоку повітря ( $q_{mn}$ ) з точками випробовування, рівномірно розподіленими по всьому діапазону потоку.

Випробовування не можна проводити, якщо потік внутрішнього або зовнішнього витоку перевищує 3 % номінального масового потоку повітря  $q_{mn}$ .

Випробовування треба проводити з однаковими масовими потоками повітря, яке подають, та відпрацьованого повітря за різниці статичного тиску  $\Delta p_{22-11}$  в межах від мінус 500 до плюс 500 Па. Треба використовувати номінальні швидкості обертання ротора (категорія III для обертювних генераторів), вказані виробником, а зону продування треба регулювати згідно з рекомендаціями виробника. Під час вимірювання густина повітря має бути в межах від 1,16 до 1,24 кг·м<sup>-3</sup>. Вимірювання, що їх проводять поза цим діапазоном, слід перераховувати до еталонних умов.

Для установок регенерування теплоти категорії II, які не мають загальної розділової стінки між сторонами повітря, яке подається, та відпрацьованого повітря, падіння тиску можна визначати для кожної сторони теплообмінника без повітряного потоку на іншій стороні.

## 6 МЕТОДИ ВИПРОБОВУВАННЯ ТА ВИМОГИ ДО ПОХИБОК ВИМІРЮВАННЯ

### 6.1 Випробовування зовнішнього витоку

Для перевіряння зовнішнього витоку всі канали слід закривати глухим фланцем та герметизувати, а сторону повітря, яке подається, як і сторону відпрацьованого повітря установки регенерування теплоти слід підмикати до вентилятора як це показано на рисунку 1.

Статичний тиск в корпусі установлюють як середнє значення для обох сторін. Тому відвідні трубопроводи для вимірювання статичного тиску установлюють на глухі фланці кожної сторони, і обидва місця з'єднують з одним і тим самим вимірювачем тиску. Масовий потік зовнішнього витоку  $q_{мер}$  визначають за умови підвищеного тиску, а  $q_{мен}$  — за умови зниженого тиску в корпусі за допомогою відповідного пристрою для вимірювання масового потоку повітря.

Похибка вимірювання значень не може перевищувати для масового потоку  $\pm 5$  %, а для статичного тиску корпусу  $\pm 3$  %.

### 6.2 Випробовування внутрішнього витоку (категорії I і IIa)

Для перевіряння внутрішнього витоку всі канали слід закривати глухим фланцем і герметизувати, а до сторони відпрацьованого повітря установки регенерування теплоти слід підмикати напірний вентилятор і до сторони повітря, що його подають, — всмоктувальний вентилятор згідно з рисунком 2. Надлишковий тиск на стороні відпрацьованого повітря визначають за допомогою встановленого на глухому фланці відгалуження для вимірювання статичного тиску, а тиск 0 Па — на відповідному відгалуженому трубопроводі на стороні повітря, що його подають. Масовий потік витоку  $q_{mil}$  визначають за допомогою приладу для вимірювання масового потоку повітря, підімкненого на стороні повітря, що його подають.

Похибка вимірювання значень не може перевищувати для масового потоку —  $\pm 5$  %, а для різниці статичного тиску між обома сторонами установки регенерування теплоти —  $\pm 3$  %.

### 6.3 Випробовування витоку відпрацьованого повітря (категорія III)

Перевіряння витоку відпрацьованого повітря треба проводити за допомогою інертного міченого газу, який вводять у потік відпрацьованого повітря. Пробі відпрацьованого повітря беруть для визначання швидкості передавання з секторів каналу 11-22 і для підтвердження чистоти повітря, що його подають, із сектора 21.

Масовий потік відпрацьованого повітря, що його передають,  $q_{mco}$ , розраховують як відсоткову долю масового потоку повітря, що його подають,  $q_{m2}$ , за такою формулою:

$$\frac{q_{mco}}{q_{m2}} \cdot 100 \% = \frac{a_{22}}{a_{11}} \cdot 100 \%,$$

де  $a_{22}$  і  $a_{11}$  — середні значення концентрації міченого газу в секторах 22 та 11 відповідно.

Швидкість, із якою інертний газ вводять в сектор 11, достатня з урахуванням передумови, що швидкість передавання 0,1 % перебуває в межах діапазону вимірювання індикаторного пристрою, що його застосовують. Пристрій і метод відбирання проб мають бути придатні для визначання середніх значень концентрації  $a_{11}$  з похибкою не більше ніж  $\pm 10 \%$  і визначання значень концентрації  $a_{22}$  з такими допустимими похибками:

Для швидкостей передавання, %	Похибка вимірювання для $a_{22}$ , %	Похибка швидкості передавання, %
> 3	10	< $\pm 15$
від 0,3 до 3	20	< $\pm 25$
< 0,3	50	< $\pm 50$

#### 6.4 Визначання коефіцієнтів (див. рисунок 3)

Температурний коефіцієнт та коефіцієнт вологості визначають за середнім значенням температури сухої і вологої кулі в секторах 11-22. Температури, наведені в 5.5, слід установлювати безперервними вимірюваннями, щонайменше через 30 хв на  $\pm 0,5$  К. Коефіцієнти обчислюють за формулами:

$$\eta_t = \frac{t_{22} - t_{21}}{t_{11} - t_{21}},$$

$$\eta_x = \frac{x_{22} - x_{21}}{x_{11} - x_{21}}.$$

Коефіцієнт вологості  $\eta_x$  слід визначати за виміряними температурами сухого термометра, вологого термометра або за температурою точки конденсації.

У кожному з'єднаному з установкою регенерування теплоти каналі площину вимірювання (див. рисунок 4) для визначання температури повітря слід налагоджувати за п'ятьма рівномірно розподіленими в поперечній площині перетину точками.

Похибка вимірювання температури повітря не може перевищувати  $\pm 0,2$  К (температури сухої кулі термометра) або  $\pm 0,3$  К (температури вологої кулі термометра). Повітряний потік достатньо перемішують перед площиною вимірювання, щоб запобігти нерівномірному розподіленню температури. Максимальний допустимий відхил у площині вимірювання складає  $0,05 (t_{22} - t_{21})$ .

Під час вимірювання температури вологої кулі швидкість руху повітря має бути між 3,5 і 10 м/с (переважно 5 м/с). Слід використовувати окрему вимірювальну трубу.

Інтервал між функціональним блоком і площиною вимірювання має бути таким, щоб середнє коливання температури в каналах складало максимально  $0,1$  К.

Похибка вимірювання масового потоку повітря  $q_{m1}$  і  $q_{m2}$  не повинна перевищувати  $\pm 3 \%$ .

Такі похибки вимірювання, за умови коефіцієнта корисної дії більшого ніж 0,5, призводять до похибки визначання температурного коефіцієнта менше ніж  $\pm 0,03$  і до похибки визначання коефіцієнта вологості менше ніж  $\pm 0,05$ .

Для установок регенерування теплоти категорії IIa, що їх виробник постачає як повні функціональні вузли, слід вимірювати споживану потужність циркулювального насоса і зазначати в протоколі випробування. Якщо обидва з'єднання труб випробовують на стороні рідини з даними, зазначеними виробником, то слід вимірювати масовий потік рідини, відсоткову долю антифризу і падіння статичного тиску на стороні рідини і зазначати це в протоколі випробування.

Для установок регенерування теплоти категорії III треба вимірювати і зазначати в протоколі випробування споживану потужність привідного двигуна ротора обертового регенератора.

Споживану потужність насоса, привідного двигуна або вентилятора слід враховувати під час розраховування температурного коефіцієнта та коефіцієнта вологості. У протоколі випробування треба зазначити, які вимірювання та розрахунки було проведено.

Слід вказувати вплив заморожування і відтаювання на теплову потужність.

### 6.5 Випробовування падіння тиску (див. рисунок 3)

Падіння тиску  $\Delta p_2$  і  $\Delta p_1$ , які відповідають різниці загального тиску між входом і виходом на стороні повітря, що його подають, і на стороні відпрацьованого повітря, слід визначати з виміряних статичних тисків і розрахункових динамічних тисків виміряних масових потоків повітря ( $q_{m1}$  і  $q_{m2}$ ) на стороні користувача разом з площею поперечного перетину з'єднання каналу повітря.

Потрібно щоб підімкнені до функціонального вузла канали мали такі самі розміри, що і відповідні з'єднувачі.

Вимірювання слід проводити за постійної температури, а падіння тиску слід перераховувати на еталонні умови за такою формулою:

$$\Delta p = \Delta p_{\text{meas}} \cdot \frac{\rho_{\text{meas}}}{\rho}$$

Відвідні трубопроводи для визначання статичного тиску слід виконувати так, щоб похибка вимірювання складала не більше ніж  $\pm 3\%$ . Масові повітряні потоки  $q_{m1}$  і  $q_{m2}$  слід вимірювати з похибкою не більше ніж  $\pm 3\%$ .

Для установок регенерування теплоти, оснащених одним або декількома вентиляторами, слід вимірювати споживану потужність вентилятора за того самого падіння тиску, що і для масового потоку повітря.

### 6.6 Тепловий баланс

Для кожного випробовування слід розраховувати тепловий баланс, і під час вимірювання відношення змін кількості теплоти потоку між обома текучими середовищами має дорівнювати 1 з похибкою  $\pm 5\%$ .

Зміну кількості теплоти потоку визначають за такими формулами:

$$P_1 = c_p \cdot q_{m11} \cdot \Delta t_{12-11},$$

$$P_2 = c_p \cdot q_{m22} \cdot \Delta t_{22-11}.$$

Відношення зміни кількості теплоти потоку дійсне, якщо

$$0,95 \leq \frac{P_1}{P_2} \leq 1,05.$$

## 7 ПРОТОКОЛ ВИПРОБУВАННЯ

Слід подавати такі результати випробування:

### 7.1 Установки регенерування теплоти

Слід вказувати всі основні показники для установок регенерування теплоти.

Номинальний масовий потік повітря  $q_{mn} = \text{кг} \cdot \text{с}^{-1}$

Номинальна швидкість обертання ротора  $n_n = \text{хв}^{-1}$

(категорія III)

### 7.2 Зовнішній витік

$q_{\text{мер}} / q_{mn} \cdot 100\% = \%$  за надлишкового тиску, Па

$q_{\text{мен}} / q_{mn} \cdot 100\% = \%$  за зниженого тиску, Па

### 7.3 Внутрішній витік

$q_{\text{міл}} / q_{mn} \cdot 100\% = \%$  за різниці тисків, Па

### 7.4 Передавання відпрацьованого повітря (категорія III)

$q_{\text{мсо}} / q_{m2} \cdot 100\% = \%$  за різниці тисків, Па

Дані кута сектора зони продування (у градусах)

**7.5 Температурні коефіцієнти та коефіцієнти вологості**

Категорія з теплоізолювним корпусом або нетеплоізолювним корпусом.

Застосовування:

Вхідні температури без конденсації:

$$t_{11} = \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$t_{w11} = \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$t_{21} = \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$t_{w21} = \text{ } ^\circ\text{C}$$

$q_{m2}, \text{ кг}\cdot\text{с}^{-1}$	$q_{m1}, \text{ кг}\cdot\text{с}^{-1}$	$q_{m2}/q_{m1}$	$\eta_t, \%$	$\eta_x, \%$	$P_1/P_2$

Вхідні температури з конденсацією:

— для категорій I та II

$$t_{11} = \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$t_{w11} = \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$t_{21} = \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$t_{w21} = \text{ } ^\circ\text{C}$$

$q_{m2}, \text{ кг}\cdot\text{с}^{-1}$	$q_{m1}, \text{ кг}\cdot\text{с}^{-1}$	$q_{m2}/q_{m1}$	$\eta_t, \%$	$P_1/P_2$

Категорія IIa, постачає виробник у вигляді повного функціонального блока:

Споживана потужність насоса: Вт

Категорія IIa, з даними виробника для сторони рідини:

Тип антифризу:

Масова доля антифризу: %

Масовий потік рідини:  $1\cdot\text{с}^{-1}$

Падіння статичного тиску на стороні рідини: кПа

Категорія III:

Споживана потужність двигуна: Вт

**7.6 Падіння тиску — для еталонних умов повітря**

$q_{m2}, \text{ кг}\cdot\text{с}^{-1}$	$\Delta p_2, \text{ Па}$	$q_{m1}, \text{ кг}\cdot\text{с}^{-1}$	$\Delta p_1, \text{ Па}$

**7.7 Додаткові дані**

Наприклад:

опис типу монтажу під час випробовування ступеню зміни з конденсацією;

спостереження під час додаткового випробовування для холодного клімату.

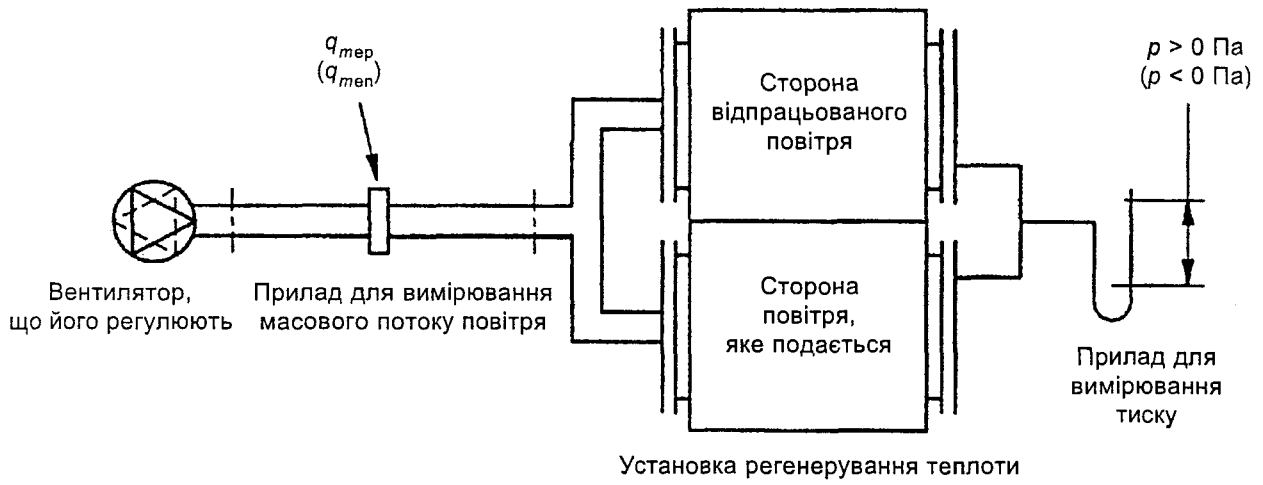


Рисунок 1 — Розташування для випробування витоку

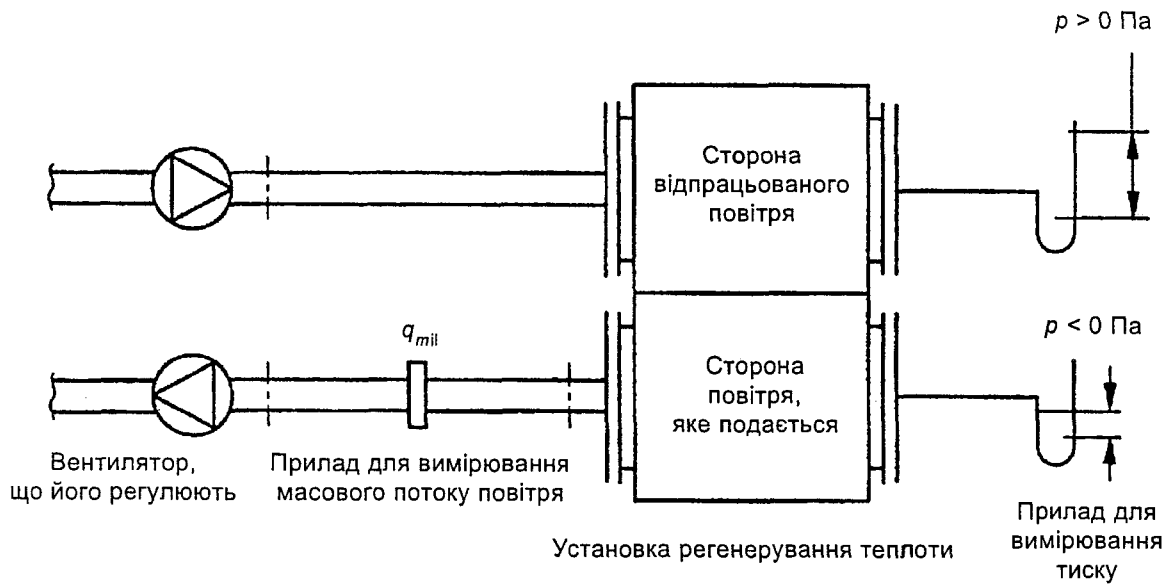
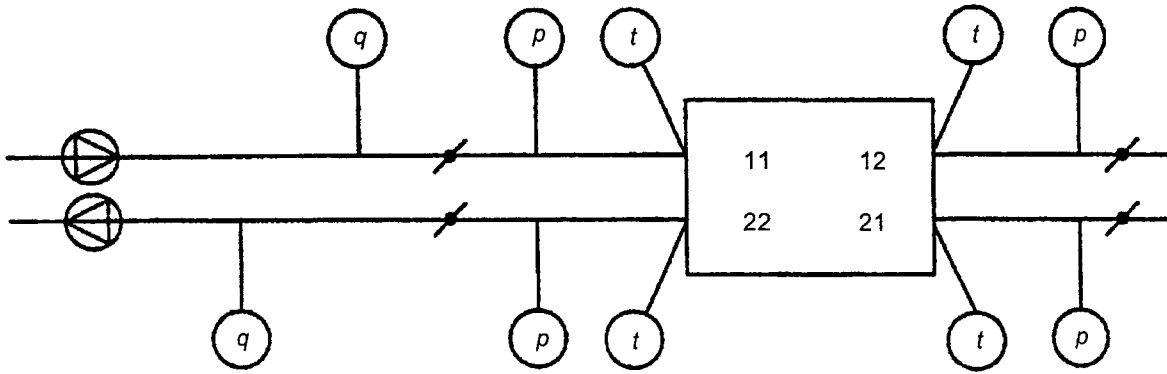


Рисунок 2 — Розташування під час випробування внутрішнього витоку

Установка регенерування теплоти



- Вимірювання температури
- Вимірювання статичного тиску
- Вимірювання масового потоку повітря
- Допоміжний вентилятор
- Дросельний клапан

- 21 Вхід повітря, яке подається \*
  - 22 Вихід повітря, яке подається \*
  - 11 Вхід відпрацьованого повітря \*
  - 12 Вихід відпрацьованого повітря \*
- \* Відноситься до функціонального вузла

Рисунок 3 — Розташування під час випробовування зміни і падіння тиску



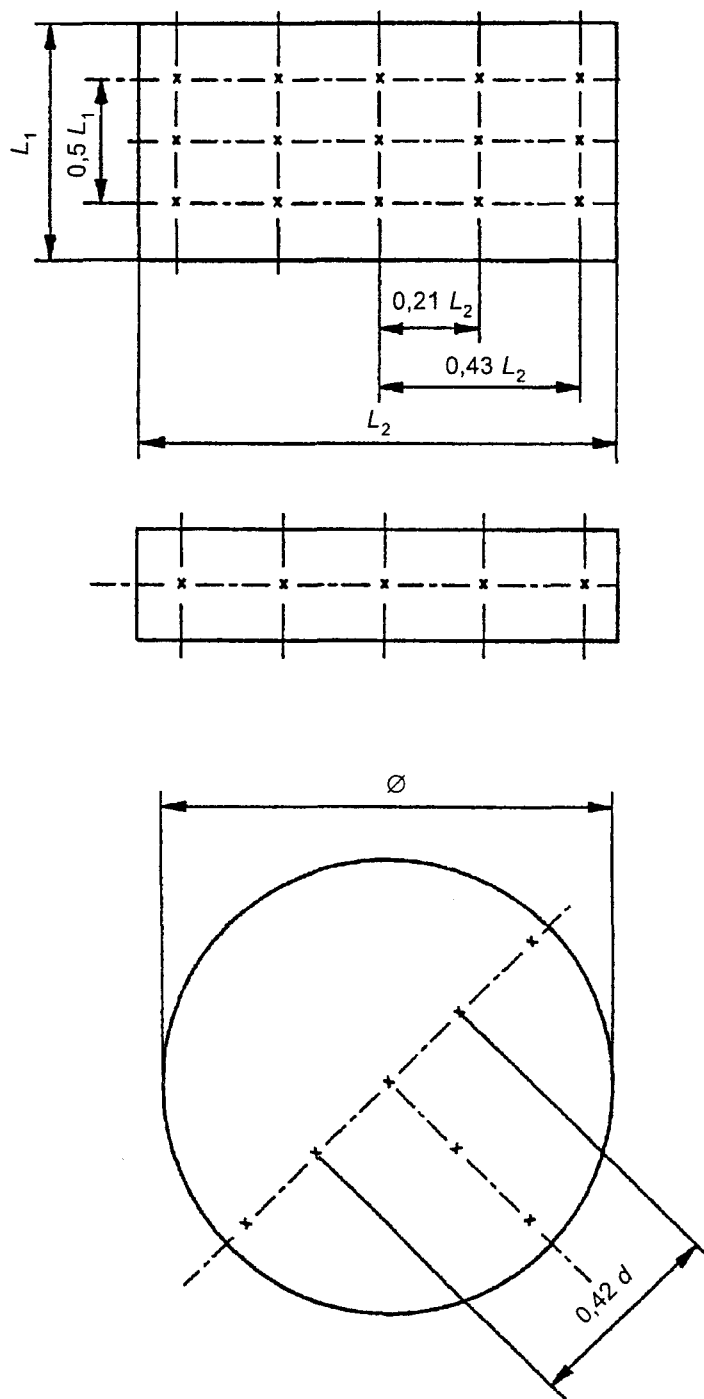


Рисунок 4 — Площина вимірювання температури

27.060.30

**Ключові слова:** теплопередавання, теплообмінник, регенератори теплоти, визначення, випробовування, вимірювання, термодинамічні властивості.

---