

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ,

**ОДЕСЬКА НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ
ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ**



Жихарєва Н.В., Піщанська Н.О.

**ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ
КОНДИЦІОНУВАННЯ ПОВІТРЯ**

Посібник до виконання лабораторних робіт

Одеса, 2021

Жихарєва Н.В., Піщанська Н.О. Теоретичні основи кондиціювання повітря Посібник виконання лабораторних робіт. 2021. – 36 с.

Посібник розроблено згідно з ОНП СВО «Бакалавр» «Холодильні машини, установки та кондиціювання повітря» спец 142 «Енергетичне машинобудування».

Призначено для виконання лабораторних робіт студентами по закріпленню окремих тем дисципліни.

Розглянуто та рекомендовано до видання на засіданні кафедри Холодильних установок і кондиціонування повітря

Протокол № 1 від 27 серпня 2021 р.

Розглянуто та рекомендовано до видання на засіданні науково-методичної

Ради з напряму підготовки 142 «Енергетичне машинобудування»

Протокол № 1 від 03.09 2021 р.

Зміст

1. Вступ	4
2. Лабораторна робота №1. Теплотехнічні вимірювання та прилади	5
3. Лабораторна робота №2. Вивчення повітряних фільтрів для очищення повітря	11
4. Лабораторна робота №3. Вивчення процесу нагрівання повітря	17
5. Лабораторна робота №4. Вивчення процесу охолодження повітря	22
6. Лабораторна робота №5. Вивчення процесу зволоження повітря	27
7. Лабораторна робота №6. Роторно-адсорбційне осушення повітря	31
8. Список використаної літератури	33

ВСТУП

Навчальна дисципліна “Кондиціонування повітря” займає важливе місце в підготовці фахівців холодильних та компресорних машин і установок. Значна частина діючих холодильних установок виробляє штучний холод для систем кондиціонування повітря (СКП). Фахівці з холодильних машин і установок займаються дослідженнями, проектуванням, монтажем, налагодженням та експлуатацією систем холодопостачання СКП, а тому повинні знати їх режими та специфічні вимоги.

Метою є формування знань і навичок в області кондиціонування повітря , а також у вивчення процесів кондиціонування повітря у апаратах їх конструктивних особливостей.

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №1

ТЕПЛОТЕХНІЧНІ ВИМІРЮВАННЯ ТА ПРИЛАДИ

Мета роботи:

1. Вивчити методи визначення різноманітних параметрів повітря та прилади вимірювання, які для цього потрібно використовувати.
2. Провести експериментальні вимірювання:
 - температури повітря за сухим та мокрим термометрами
 - швидкості руху за допомогою електронного анемометру
 - відносної вологості за допомогою психрометричної таблиці та d-h діаграми.

Загальні положення.

Вимірювання температури.

Принципи вимірювання температури об'єкта базуються на фізичних властивостях так званих термометричних тіл, які за певних умов вступають в стан теплової рівноваги з досліджуваним об'єктом.

Прилади для вимірювання температури за принципом дії поділяються на такі групи:

- термометри теплового розширення (застосовуються в діапазоні від -190 до 500°C);
- манометричні термометри (від -160 до 600°C);
- термоелектричні пірометри (термопари) (від -200 до 650°C).

Визначення вологості повітря.

Для визначення вологості повітря застосовують методи: психрометричний, точки роси, гігроскопічний. **Психрометричний метод** ґрунтується на різниці показань «сухого» та «мокрого» термометрів, розташованих один коло одного. Найпростіший прилад – психрометр Августа складається з двох термометрів, один з яких (сухий) показує температуру повітря t , а кулька іншого (мокрого) обгорнута чохлом з легкої гігроскопічної тканини, яка безперервно змочується водою.

Цей термометр показує температуру повітря за мокрым термометром $t_M < t$.



Рис.1.1. Психрометри Августа.

Під **температурою повітря за мокрым термометром** слід розуміти температуру, яку прийме повітря в результаті адіабатичного насичення (зволоження). Різниця температур між «сухим» та «мокрым» термометрами $(t - t_M)$ залежить від відносної вологості повітря й називається **психрометричною різницею**. Чим менше відносна вологість

повітря ϕ , тим більше психрометрична різниця $(t - t_m)$. За виміряною величиною температури повітря t і підрахованою психрометричною різницею $(t - t_m)$ можна визначити відносну вологість повітря ϕ .

Рис.1.1 Психрометр Августа ϕ . Для цього складені спеціальні психрометричні таблиці, які додаються до психрометрів Августа. Недоліком психрометра Августа є його велика похибка через суттєвий вплив радіаційних теплоприпливів до незахищених екранами чутливих кульок термометрів при недостатній швидкості руху повітря біля них. Так, при нульовій швидкості руху повітря похибка у визначенні психрометричної різниці $(t - t_m)$ складає 14%. З ростом швидкості повітря похибка зменшується.

Досить точним і зручним приладом для визначення вологості повітря є аспіраційний психрометр Ассмана. Обидва термометри в цьому приладі захищені від променевих теплоприпливів металевими трубками з никельованою поверхнею. У верхній частині приладу розміщений спеціальний вентилятор з пружинним (заводним) або електричним двигуном. Досліджуване повітря просмоктується вентилятором через трубки-екрани із швидкістю 2,5 – 3,0 м/с. В іншому аспіраційний психрометр Ассмана аналогічний психрометру Августа. Для визначення відносної вологості повітря ϕ за показаннями термометрів складені відповідні таблиці.

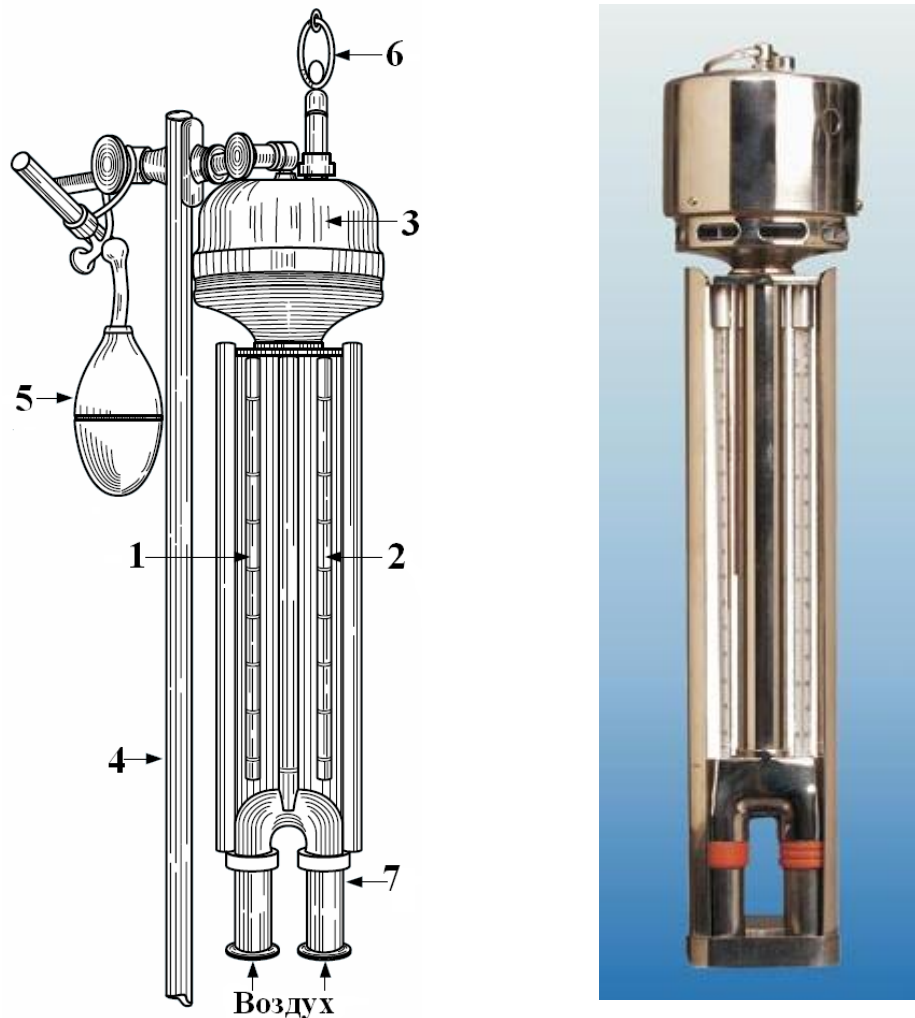
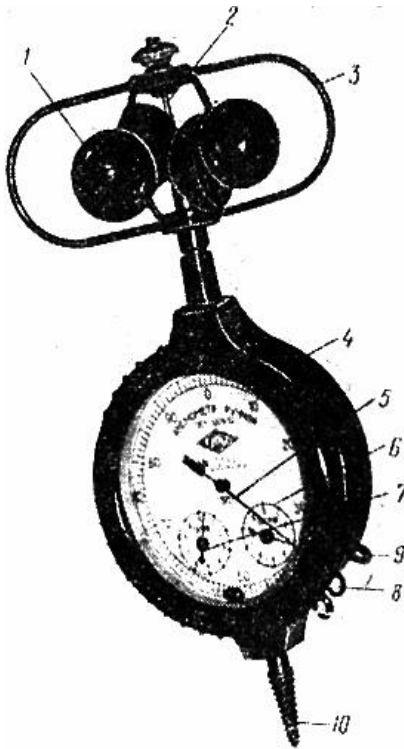


Рис.1.2. Психрометр Ассмана.

Метод точки роси ґрунтується на визначенні температури точки роси повітря t_p за допомогою приладів, що називаються гігрометрами. У такому приладі дзеркальна поверхня із неокислюваного металу, яка охолоджується напівпровідниковими мікроохолоджувачами, або киплячою рідиною (наприклад ефіром). У той момент, коли дзеркальна поверхня затуманюється вологою-росою, яка випала з повітря, вимірюють температуру поверхні (тобто температуру точки роси t_p) і температуру повітря по сухому термометру t . За цими температурами з d-h діаграми можна визначити відносну вологість повітря ϕ та інші його параметри стану.

У гігроскопічному методі використовується здатність деяких матеріалів змінювати свої властивості, форму або розміри при всмоктуванні ними вологи із повітря пропорційно його відносній вологості. Але ці прилади, робота яких ґрунтується на цьому методі, мають низьку точність через залишкові деформації чутливого елемента.

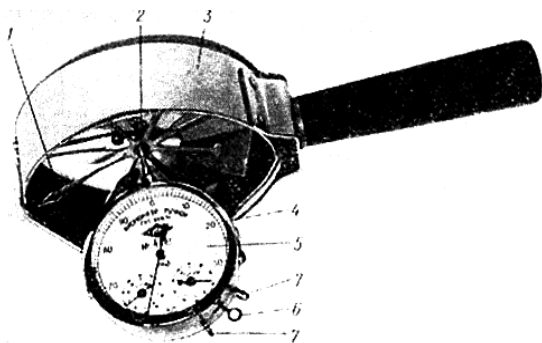
Вимірювання швидкості руху повітря.



Для вимірювання швидкості руху повітря від 0,1 до 5 м/с призначені крильчасті анемометри типу АСО (рис.1.4), а в діапазоні від 1...20 м/с – чашковий анемометри типу МС (рис.1.3).

- 1- метеорологічна вер-тушка;
- 2 – вал;
- 3 – проволочні дужки для захисту від механічних пошкоджень;
- 4 – рахунковий механізм;
- 5 – центральна стрілка рахункового механізму, яка показує одиниці та десятки обертів;
- 6 – ліва стрелка, показує тисячі обертів рахункового механізму;
- 7 – права стрілка, показує сотні обертів рахункового механізму;
- 8 – включення та вимкнення рахункового пристрою;
- 9 – вушка;
- 10 – гвинт для закріплення на стійці;

Рис. 1.3. Чашковий анемометр.



- 1 – крильчатка;
- 2 – вісь;
- 3 – корпус обичайки;
- 4 – рахунковий механізм;
- 5 – циферблат має три шкали (одиниці, сотні та тисячі);
- 6 – арретир (вкл. та вимкн. рахункового механізму);
- 7 – два вушка;

Рис. 1.4. Крильчастий анемометр.

При вимірюванні швидкості руху повітря чашковим анемометром, прилад вносять у потік повітря так, щоби вісь анемометра була перпендикулярна до потоку повітря, а при вимірюванні крильчастим анемометром – вісь прилада повинна бути паралельною до потоку повітря. Перед вимірюванням швидкості повітря записують початкові показання лічильника (n_1). Потім анемометр вносять в потік повітря. Через 10 – 15 секунд одночасно вмикають лічильник і секундомір. Через 100 – 120 сек., знову одночасно, лічильник анемометра і секундомір вимикають, записують показання лічильника (n_2). Потім визначають різницю між показниками лічильника ($n_1 - n_2$), яку ділять на час, показаний секундоміром, і визначають число обертів за секунду крильчатки анемометра. За допомогою графіка, котрий прикладається до кожного анемометру, визначають швидкість повітря w в сек. Як правило, в кожній дослідній точці роблять три вимірювання, після чого знаходять середньоарифметичне значення параметра.

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №2

ВИВЧЕННЯ ПОВІТРЯНИХ ФІЛЬТРІВ ДЛЯ ОЧИЩЕННЯ ПОВІТРЯ

Мета роботи:

1. Вивчити різні види фільтрів, в залежності від їх призначення (ефективності) та конструктивного виконання.
2. Розглянути умови її використання для різноманітних систем кондиціонування повітря.

Загальні положення.

Повітряні фільтри – прилади, в яких за допомогою фільтруючої перегородки уловлюються аерозольні частки, а повітря проходить крізь перегородку. Фільтруючі перегородки у повітряних фільтрах: сітка покрита тонкою масляною плівкою; змочені волокнисті матеріали; сухі волокнисті матеріали.

Правильний вибір повітряних фільтрів забезпечить комфорт та здоров'є людей, а також якість продукції приладобудівній, радіо- і електронній, фармацевтичній та інших галузей промисловості.

В залежності від типу перегородки та конструктивних рішень фільтри підрозділяються: самоочисні; рулонні; ячейкові; кишенькові; електричні.

Усі фільтри класифікуються за призначенням та ефективністю.

1. фільтри грубого очищення – G₁, G₂, G₃, G₄;
2. фільтри тонкого очищення – F₅, F₆, F₇, F₈, F₉;
3. фільтри високого очищення – H₁₀, H₁₁, H₁₂, H₁₃, H₁₄;
4. фільтри надвисокого очищення - U₁₅, U₁₆, U₁₇.

H – «HEPA» - з високою ефективністю видалення мікроорганізмів та інертних часток аерозолів розміри 0,3 мкм і вище. Ефективність 99,97 %.

U – «ULPA» - для очищення повітря з ефективністю очистки 99,999% від частиць діаметром 0,1 мкм.

Типи фільтрів та їх опис

Фільтри ячейкові плоскі типу ФяРБ; ФяВБ; ФяПБ; ФяУБ; ФяП (класи G3-F6) - призначені для очищення зовнішнього та рециркуляційного повітря в системах кондиціонування і припливної вентиляції та кондиціонування для приміщень різного призначення побутових, адміністративних і промислових будівель. Склад фільтрів цього типу представлені на рис.2.1.

Фільтри складаються із розбірної рамки, яка виготовлена із алюмінія, всередині якої розташована фільтруюча касета затиснута в ущільнювачі. В корпусі ячейки знаходиться фільтруючий шар (матеріал). Ячейка фільтра закріплена в настановній рамі за допомогою клямок, розташованих на корпусі ячейки.

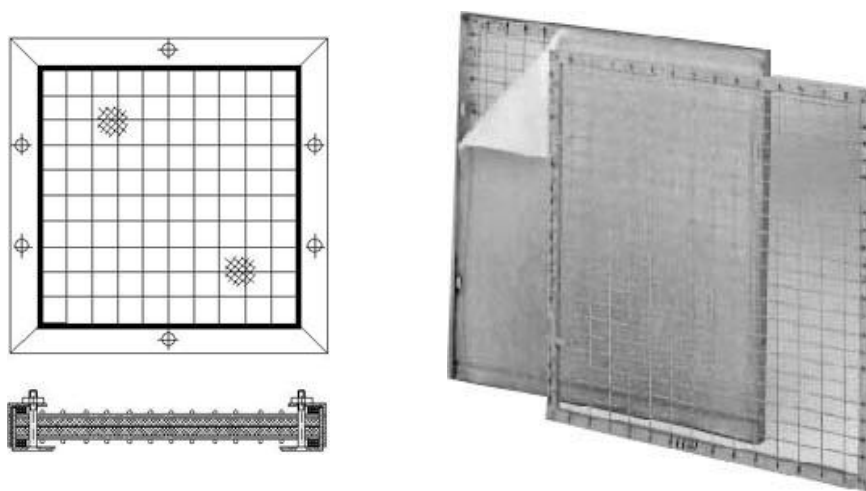


Рис. 2.1. Фільтри ячейкові плоскі.

Фільтри можуть монтуватися у плоских та кутових панелях типу УС Фя чи іншому обладнанні. В процесі експлуатації фільтрів слід контролювати їх аеродинамічний опір за показниками мікроманометрів

які приєднані до штуцерів, які знаходяться у стінках повітроочисних камер до та після фільтрів.

При досягненні перепадом тиску певної величини фільтри необхідно піддати регенерації. Для регенерації фільтрів необхідно витягнути ячейки з настановних рам. Ячейки цих фільтрів промивають теплою водою. Для поліпшення промивання у воду можна додати поверхньо-активні речовини, наприклад, 10 % каустичної соди. Фільтруючий матеріал фільтрів ФяУБ замінюється новим.

Фільтри ячейкові гофровані типу ФяГ (G3, G4) – використовуються з такою ж метою що і попередні.

Фільтри ФяГ (рис.2.2) складаються із рамки (1), яка виготовлена з картону чи оцинкованої сталі, всередині якої знаходиться фільтруючий матеріал (2) у вигляді гофр, що спирається з усіх сторін виходу повітря на сітку гофрованої (волнообразної) форми (3).

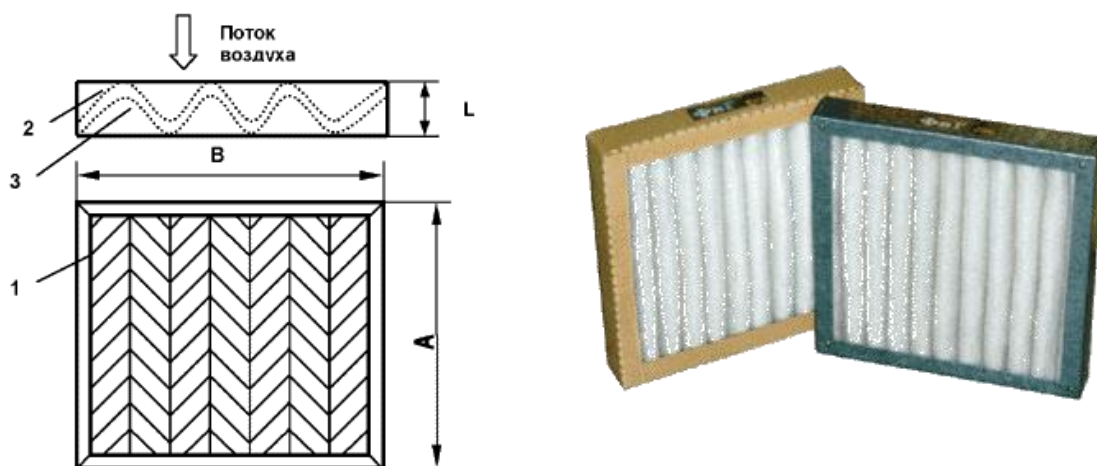


Рис. 2.2. Фільтри ячейкові гофровані.

Фільтри ячейкові кишенькові типу ФяК (G3-F8) - призначені для очищення від пилу зовнішнього та рециркуляційного повітря в системах

припливної вентиляції і кондиціонування повітря із змістом пилу не більше 1 мг/куб.м.

Склад фільтрів типу ФяК представлено на рис.2.3.

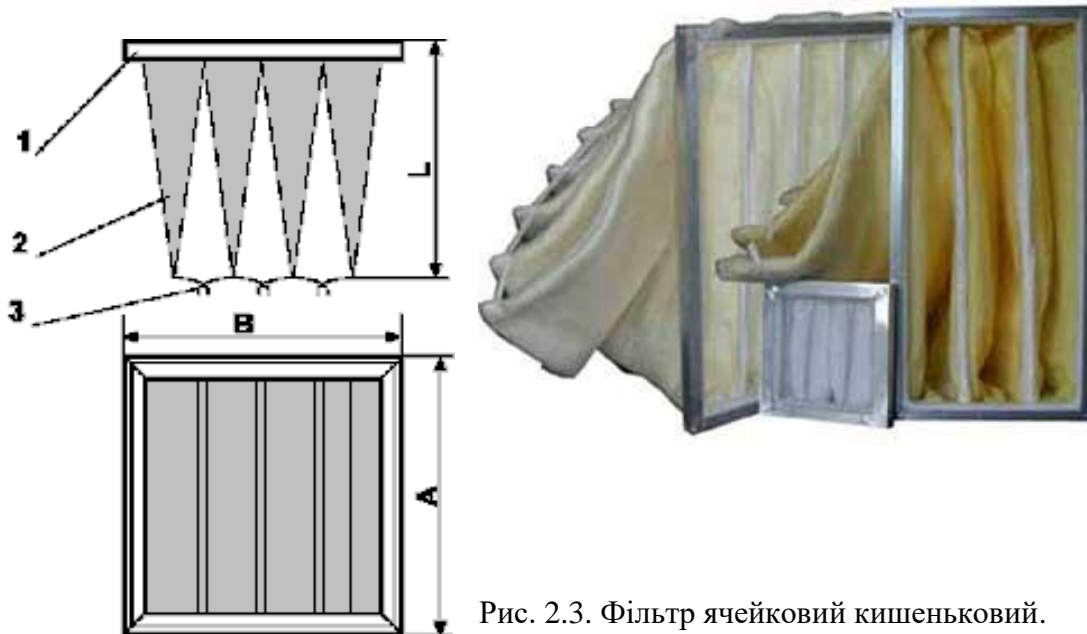


Рис. 2.3. Фільтр ячейковий кишеньковий.

Компактний фільтр. Компактні фільтри об'єднують два конструктивних принципа один з одним. Великі площі декількох Z-Line-фільтрів вмонтовані в раму із оцинкованої сталі таким чином, що образується кишенькова форма. За таким принципом тонкої фільтрації піддається значно більший об'єм повітря, чим при нормальному розташуванні Z-Line фільтрів. Однак, рекомендується монтаж кишенькового фільтру попереднього очищення класу G4 по EN 779 для гарантування більшого строку служби високоякісного компактного фільтру.

Фільтри ячейкові складчаті типу ФяС-Ф (F6-F9). Такого типу фільтри використовуються для очищення припливного та рециркуляційного повітря у приміщеннях різного призначення, у якості другого ступеня (тонке очищення за ГОСТом Р 51251-99) очищення повітря після менш активних фільтрів. Також їх застосовують для заміни

фільтру типу ФяК, тому що вони обладані достатньою компактністю, і для заміни фільтрів типу ФяС1, які вже зняті з виробництва.

Високоєфективні ячеюві складчаті фільтри типу ФяС (аналог фільтрів НЕРА, ФТОВ). Призначені для високоєфективного (фінішного) очищення повітря і стерилізуючої фільтрації в медичних закладах, на підприємствах фармацевтичної промисловості, а також в чистих приміщеннях інших галузях промисловості (мікроелектроніка, мікробіологія, харчова і т.д.). Фільтри можуть бути використані для заміни фільтрів ЛАІК із фільтруючим матеріалом ФПП, ФПА, тому що мають більш високу ефективність та надійність в експлуатації. Такі типи фільтрів можуть бути використані для очищення витяжного повітря від небезпечних мікроорганізмів і радіоактивних аерозолів в лабораторіях, на атомних станціях і т.д.

На рис. 2.4 представлені дані тип фільтру. Корпус таких фільтрів виготовляється із спеціального алюмінієвого профілю, алюмінієвого чи нержавіючого листа або шліфованої фанери. У середині корпусу



складкам розташовується фільтруючий матеріал, в який входять алюмінієві або нітєвіс сепаратори, який герметизується в корпусі шляхом заливки по всьому периметру спеціальним герметиком для запобігання злипанню сусідніх складок.

Рис. 2.4. Фільтр ФяС.

Необхідно відмітити, що при виборі фільтрів, які монтуються в конструкції самого чистого приміщення (стеля, стіна), крізь який

здійснюється подача повітря в ламінарному режимі (швидкість в фільтрі не більше 0,45 м/с) доцільна установка фільтрів із нітевими сепараторами.

Фільтри ФяС виготовляються двох варіантів: базовий та економічний. Перевага економічного фільтру є менший початковий аеродинамічний опір, а також збільшений ресурс роботи котрий може бути більше в 1,5-2 рази у порівнянні із базовим варіантом.

Фільтри із активованого вугілля. Фільтри із активованого вугілля складаються із двох циліндрів з оцинкованої сталі з різними діаметрами. Оба циліндра за допомогою спільного дна складають стабільне єдине ціле. Фільтр для абсорбції (поглинання) газоподібних і з сильним запахом шкідливих речовин, які знаходяться у зовнішньому та витяжному повітрі. Для газів, наприклад, нітрозних, сірководневих, хлористоводневих та аміачних застосовується спеціальний просочене вугілля. Для вологого повітря застосовують бідний кисень активоване вугілля, тому що водяна пара знижує ємкість активованого вугілля.

Фільтри ячeyкові складчаті сорбційного типу ФяС-С. Цей тип фільтрів застосовують для очищення припливного і витяжного та рециркуляційного повітря від газоподібних забруднень, а також запахів в системах вентиляції та кондиціонування повітря приміщень різного призначення (адміністративних, побутових, лікарняних и т. д.).

Використання цих фільтрів дозволяє забезпечити очищення повітря до санітарних та екологічних норм, а також збільшити якість припливного повітря у приміщеннях збільшеної комфортності.

Головною відмінністю конструкції фільтра ФяС-С є то, що фільтруючий матеріал складається із поліефірних волокон, між якими упроваджені маленькі гранули активованого вугілля. Поліефірні волокна у цій структурі забезпечують каркасну основу та запобігають виніс дрібних гранул активованого вугілля із фільтруючого шара.

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №3

ВИВЧЕННЯ ПРОЦЕСУ НАГРІВАННЯ ПОВІТРЯ

Мета роботи: дослідження процесів нагрівання повітря. Вивчення закономірності вимірювання параметрів стану вологого повітря в процесі його нагрівання.

Питання

- 1 які параметри повітря на вході та виході із повітрянагрівача потрібні для проектування повітрянагрівачів
2. Як визначити витрату повітря крізь апарат;
3. Як проходить процес в ПН . Який параметр const?
4. Яка формула розрахунку явне теплове навантаження, яке сховане

Визначити теплове навантаження на апарат за слідуючими формулами:

$$Q = G_v \cdot (h_2 - h_1) , \text{ кВт}$$

$$Q = G_v \cdot C_p \cdot (t_2 - t_1) , \text{ кВт}$$

Де

G_v – витрата повітря (кг/с); L – м³/с

C_p – теплоємність вологого повітря (кДж/(кг·К));

h_1, h_2 – ентальпії вологого повітря на вході та виході із апарату (кДж/кг);

t_1, t_2 – температури вологого повітря на вході та виході із апарату (°C);

5. Як змінити витрату повітря крізь апарат, провести вимірювання, побудувати процес в діаграмі, визначити теплове навантаження.

Загальні положення.

Нагрів вентиляційного повітря може передбачатися для повітряного опалення будівлі та споруджень або для вентиляції приміщень. Технічні

засоби для втілення цих задач одні, відмінність лише у мірі нагріву повітря.

Припливне повітря може нагріватися до подачі його у приміщення або безпосередньо у приміщенні після його подачі. В системах припливної вентиляції та кондиціонування для нагріву повітря, що надходить до приміщення, застосовуються повітрянагрівачі (калорифери) з теплоносієм водою або насиченою парою.

Нагрів вентиляційного повітря безпосередньо в приміщенні використовується при аерації на промислових підприємствах, провітрюванні суспільних та жилих приміщень крізь відкриваючі фрамуги вікон, вентиляції за допомогою інфільтрації повітря.

Конструкції повітрянагрівачів

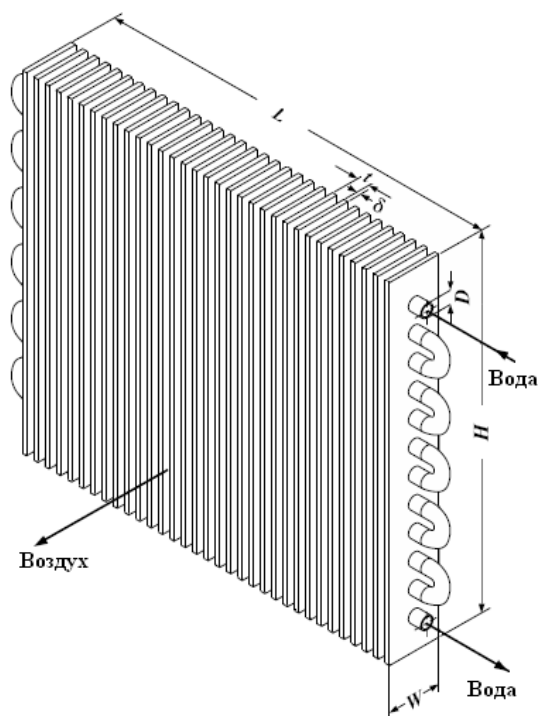


Рис. 3.1. Однорядний повітрянагрівач з 12 трубами.

Нагрівачим елементом у водяних та парових калориферах служать труби різної конструкції, всередині яких проходить теплоносій.

Основні конструкції повітрянагрівачів показані на рис. 3.1.

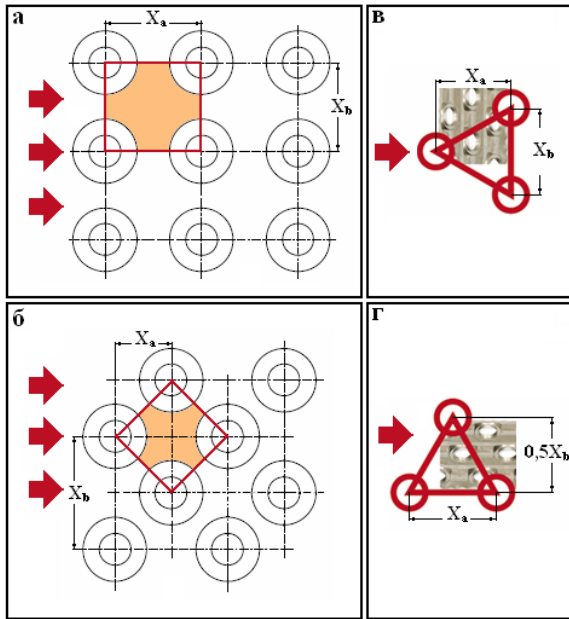


Рис. 3.2. Розташування труб в калориферах: а — коридорне; б,в,г — шахматне.

Розташування труб в калориферах за напрямком руху повітря може бути коридорне або шахматне (рис.3.2). При шахматному розташуванні труб забезпечуються кращі умови теплопередачі, особливо для

вдругого та слідуючих рядів труб, однак у цьому випадку збільшується опір руху повітря. Деяке збільшення опіру повітрянагрівачів проходженню повітря суттєвого значення не має. Більш важливим є збільшення інтенсивності теплопередачі. Числом труб визначається модель повітрянагрівача.

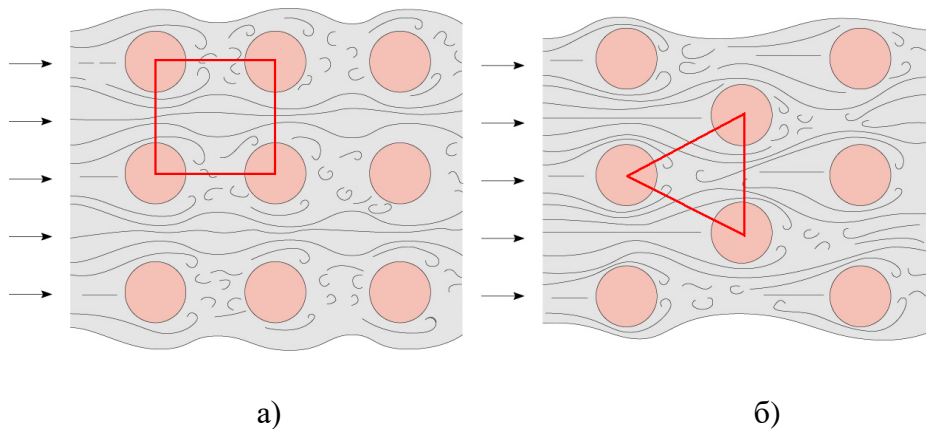


Рис. 3.3. Схема обтікання трубних пучків повітряним потоком: а – коридорне, б – шахматне.

У залежності від схеми руху теплоносія повітрянагрівачі можуть бути одно- або багатоходові.

Класифікація повітрянагрівачів

В опаливно-вентиляційній техніці в основному застосовують водяні та парові повітрянагрівачі (калорифери). Частіше використовуються водяні калорифери, тому що пара як теплоносіє має цілий ряд недоліків.

Водяні та парові повітрянагрівачі діляться:

- 1) за формою поверхні — на гладкотрубні та ребристі. Ребристі калорифери за формою ребер бувають пластинчаті та спірально-навивні;
- 2) за характером руху теплоносія — на одноходові та багатоходові.

Ребристі повітрянагрівачі.

В ребристих повітрянагрівачах зовнішня поверхня труб має обрешення, в результаті чого площа тепловіддачі поверхні зростає. Кількість труб у цього вида калориферів менше, ніж у гладкотрубних, але теплотехнічні показники вище.

Обрешення поверхні труб виконані різними способами.

Повітрянагрівачі біметалічні зі спірально-накатним обрешенням

Повітрянагрівачі біметалічні застосовуються в системах повітряного опалення, вентиляції, кондиціонування та сушильному устаткуванні.

В якості теплоносія у воздухо повітрянагрівачах застосовують:

- гарячу воду із температурою до 180 °С та робочим тиском до 1,2 Мпа.

- пару із робочим надлишковим тиском до 1,2 МПа та температурою 190 °С.

Повітрянагрівачі складаються із біметалічних теплообмінних елементів, трубних решіток, кришок із перегородками та бокових щітків.

Теплообмінник виконан із певної кількості теплопередаючих трубок в залежності від моделі та типорозміру повітрянагрівача.

Повітронагрівачі (калорифери) сталеві з гофрованими пластинами із плоскоовальними трубками.

Такі повітронагрівачі призначені для нагріву повітря із запиленістю не більше 0,15 мг/м в системах вентиляції, повітряного опалення, кондиціонування та в сушильному устаткуванні. В якості теплоносія можна використовувати гарячу воду або пару із тиском до 1,2 МПа.

Тепловіддаючу поверхню калориферів образують плоскоовальні сталеві трубки на які із кроком 3,7 мм насажені сталеві гофровані пластини товщиною 0,5 мм.

Процес обробки повітря в повітронагрівачі

Принципова схема зміни стану основного потоку повітря при проходженні крізь установку може бути зображено в d,h - діаграмі у вигляді відрізка прямої лінії.

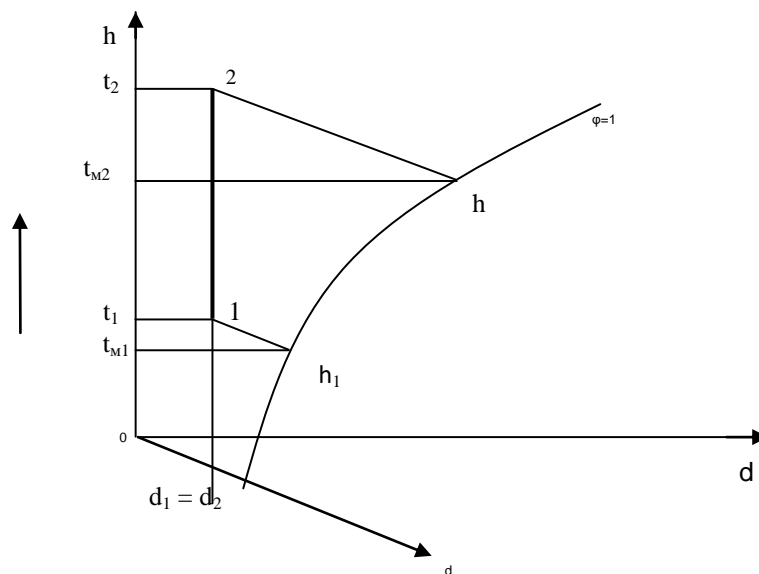


Рис. 3.4. Процес нагріву повітря в d-h діаграмі.

В такому процесі проходить зменшення відносної вологості повітря ($\varphi_2 < \varphi_1$), збільшення температури ($t_1 < t_2$) та збільшення ентальпії ($h_1 < h_2$).

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №4

ВИВЧЕННЯ ПРОЦЕСУ ОХОЛОДЖЕННЯ ПОВІТРЯ

Мета роботи: Вивчити процес охолодження повітря.

Порядок виконання роботи:

- 1.Виміряти параметри повітря на вході та виході з повітроохолоджувача;
- 2.В діаграмі побудувати процес обробки повітря в поверхневому повітроохолоджувачі;
- 3.Розрахувати кількість вологи, яка випадає на поверхні повітроохолоджувача за формулою:

$$W = G_g \cdot (d_1 - d_2), \text{ кг/с}$$

- 4.Розрахувати кількість тепла, що прийняв на себе повітроохолоджувач, за формулою:

$$Q_{зза} = G_g \cdot (h_1 - h_2), \text{ кВт}$$

$$Q_{яв} = G_g \cdot C_p \cdot (t_2 - t_1), \text{ кВт}$$

- 5.Зробити висновки після зробленої роботи.

Загальні положення.

Поверхневі повітроохолоджувачі за своєю конструкцією аналогічні калориферам. В них обробляється повітря проходить між трубками.

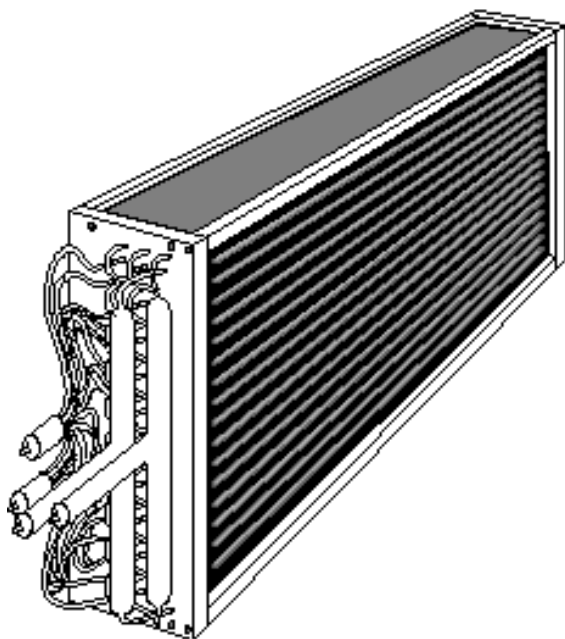
Охолоджуюче середовище, яке відводить від повітря тепло та підтримує температуру поверхні трубок на необхідному рівні, рухається в середині трубок. В якості охолоджуючого середовища в поверхневих повітроохолоджувачах застосовується холодна вода, розчини солей або рідини, які киплять при низкій температурі (аміак, хладон-12, хладон-22 та ін.).

В системах кондиціонування повітря використовуються повітроохолоджувачі, трубки яких мають обрешення, виконане зі сталі, міді або алюмінія.

Поверхневі повітроохолоджувачі конструктивно відрізняються від калориферів (розміри, крок ребер та ін.).

На рис. 4. 1 показана конструкція поверхневого повітроохолоджувача з безпосереднім кипінням холодоагенту.

В практиці кондиціонування повітря використовуються незрошувані та зрошувані повітроохолоджувачі. У незрошуваних повітроохолоджувачах можуть здійснюватися процеси обробки повітря двох видів — охолодження без зміни вологовмісту та охолодження із осушенням. Якщо середня температура охолоджуючої поверхні $t_{\text{пов. ср}}$ вище температури точки роси t_p повітря, то відбувається охолодження повітря без зміни вологовмісту.



а)



б)

Рис. 4.1. Конструкція поверхневого повітроохолоджувача з безпосереднім кипінням холодоагенту (а), а також фотографії апарату з торця(б).

На рис. 4.2а показан процес обробки повітря на i-d-діаграмі (промінь АВ).

Охолодження повітря із одночасним його осушенням на величину d буде здійснюватися, якщо середня температура охолоджуючої поверхні повітроохолоджувача буде нижче температури точки роси повітря.

Побудова процесу обробки повітря на d-h -діаграмі показано на рис.4.2 Осушення повітря проходить за рахунок випадіння на робочій поверхні трубок повітроохолоджувача конденсату з повітря. В цьому випадку процес обробки повітря здійснюється в результаті його контакту із водою, яка стікає по трубкам повітроохолоджувача. Положення променя процесу на полі d-h - діаграмі залежить від температури поверхні трубок, часу контакту повітря із робочою поверхнею повітроохолоджувача та ін.

Зрошення повітроохолоджувачів водою застосовують для інтенсифікації тепловологообміну.

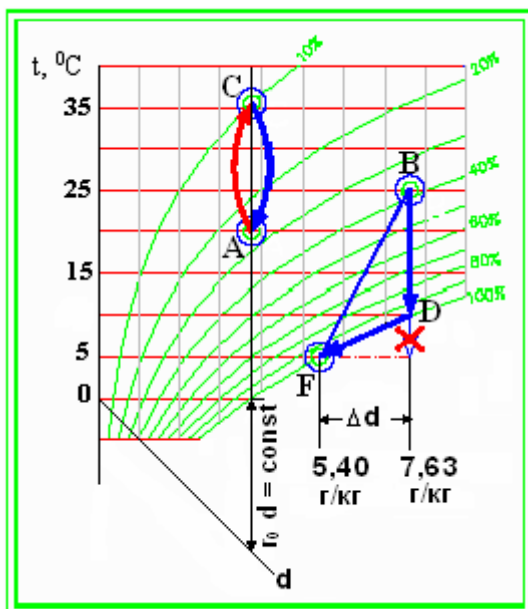


Рис. 4.2. Процес обробки повітря в поверхневих повітроохолоджувачах сухого (СА) охолодження; охолодження із осушенням (ВF).

При відносно невеликій кількості розбризкуваної води (коефіцієнт зрошення не більше 1 кг/кг) в зрошуваних повітроохолоджувачах вдається

значно інтенсифікувати процеси тепло- та вологообміну між повітрям та водою, що дозволяє знизити металоємкість апаратів та зробити їх більш компактними. В зрошуваних повітроохолоджувачах одночасно проходить очищення повітря та зовнішньої поверхні апаратів від пилу, з повітря частково видаляються неприємні запахи.

Зрошувані повітроохолоджувачі представляють собою звичайні повітроохолоджувачі, обладнані додатково зрошуваним пристроєм та каплепоглиначем (сепаратором). Рух між повітрям і водою може бути прямоточним, перехресним та протиточним.

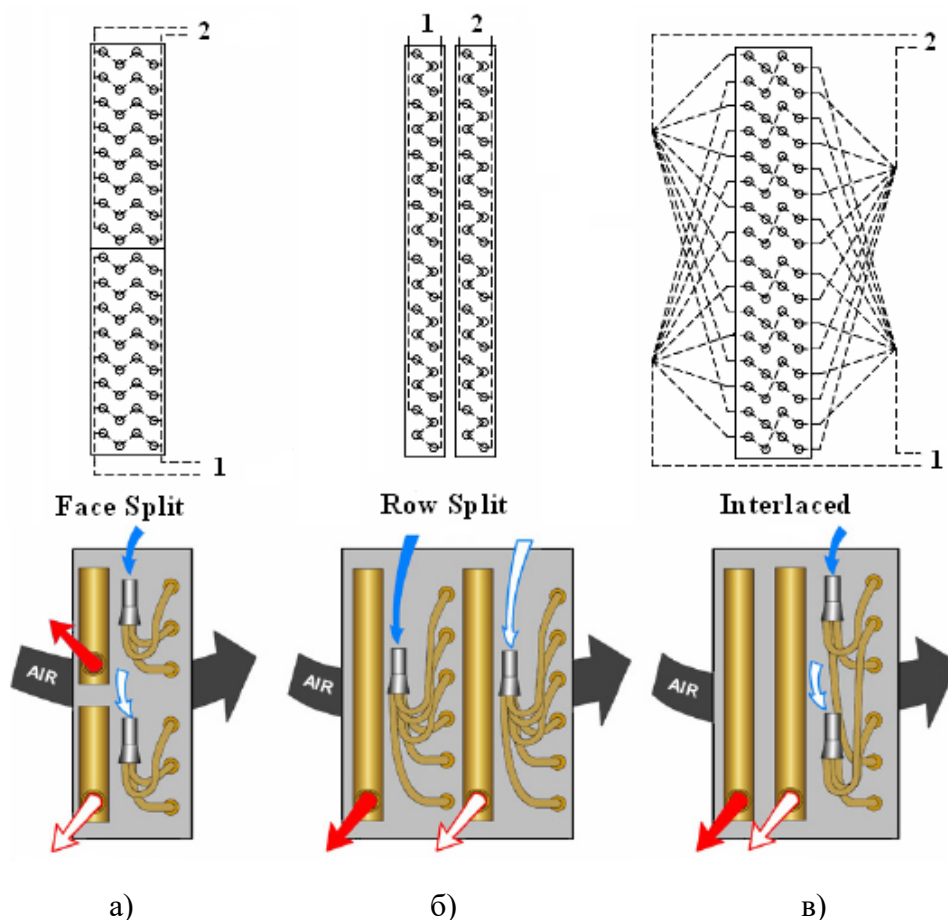


Рис.4.3. Схеми розподілу хладагентів повітроохолоджувач з безпосереднім кипінням (а – паралельна, б – послідовна, в – змішана) .

При прямоточному рухові повітря та води зрошуваний прилад розташовується перед повітроохолоджувачем, при перехресному та протиточному русі — над ним. Піддон для збору отпрацьованої води

встановлюється під повітроохолоджувачем. Вода із піддону до форсунок подається насосом. Для запобігання відноса капель розпилюємої води за повітроохолоджувачем встановлюють сепаратор-каплепоглинач.

В зрошуваних повітроохолоджувачах можна отримати тіж самі процеси обробки повітря, що і в камерах зрошування. Для цього необхідно подавати в трубки повітроохолоджувача хладоносій потрібної температури. При необхідності отримання адіабатного процесу подача хладоносія у повітроохолоджувач не відбувається.

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №5

ВИВЧЕННЯ ПРОЦЕСУ ЗВОЛОЖЕННЯ ПОВІТРЯ

Мета роботи: Вивчити процес зволоження повітря.

Порядок виконання роботи:

- 1.Виміряти параметри повітря на вході та виході з камери зволоження.
- 2.В діаграмі побудувати процес обробки повітря в апараті.
- 3.Розрахувати кількість вологи, за формулою:

$$W = G_g \cdot (d_1 - d_2), \text{ кг/с}$$

- 4.Визначити навантаження на апарат.
- 5.Зробити висновки після зробленої роботи.

Загальні положення.

В системах кондиціонування широко застосовуються прилади контактного типу, в яких безпосередньо здійснюється контакт повітря з тепло- або вологопередавальним середовищем

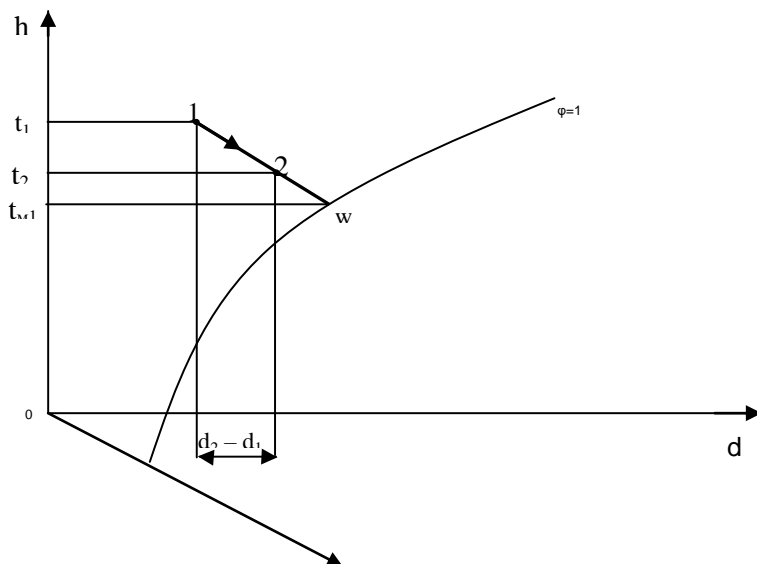


Рис.5.1. Процес зволоження повітря в d-h діаграмі.

Принципова схема вимірювання потоку повітря при проходженні крізь установку може бути зображено в d, h - діаграмі у вигляді відрізка прямої лінії.

Процес зволоження повітря здійснюється по лінії $h = \text{const}$. В процесі відбувається зростання вологовмісту ($d_2 > d_1$) та зменшення температури ($t_2 < t_1$) (рис. 5.1).

В таких приладах в якості тепло- та вологопередавального середовища найбільш частіше використовують воду. Крім того, для цієї мети можна застосовувати водяну насичену пару, розчини хлористого літія та хлористого кальція, адсорбенти.

Найбільше розповсюдження в якості приладів контактного типу отримали камери зрошування, обробка повітря в яких здійснюється водою, яка розпилюється форсунками.

Камери зрошування призначені для охолодження, нагріву, зволоження та осушення повітря розпилюємою водою.

В залежності від напрямку руху повітряного потоку розрізняють горизонтальні та вертикальні камери зрошування. В теперешній час найбільше розповсюдження отримали горизонтальні камери.

Горизонтальна камера зрошування (рис.5.2) складається із корпусу, водорозподільних трубопроводів із форсунками, фільтра для води, піддону та сепараторів (каплепоглиначів).

Дощовий простір в камері створюється за рахунок розпилення води форсунками. Форсунки в шахматному порядку встановлені на стояках, приєднаних до колекторів.

Під дощовим простіром знаходиться піддон, рівень води в якому регулюється шаровим клапаном, є також переливний пристрій. Вода, що подається в камеру, очищається в водяному фільтрі.

На вході та на виході із камери встановлені сепаратори (рис. 5.3), які служать для затримання капель води, що знаходяться в повітрі в

нерозчиненому стані. В сепараторі на вході відбувається також вирівнювання потоку повітря.

Сепаратори складаються із пластин з нержавіючої листової або оцинкованої сталі. Кут повороту пластин — $30-45^\circ$. Відстань між пластинами — 25-50 мм. В сепараторі при виході з камери зазвичай встановлюють більш широкі пластини та з більшим числом поворотів.

Каплі води, що осідають на поверхні сепаратору, стікають в піддон камери.

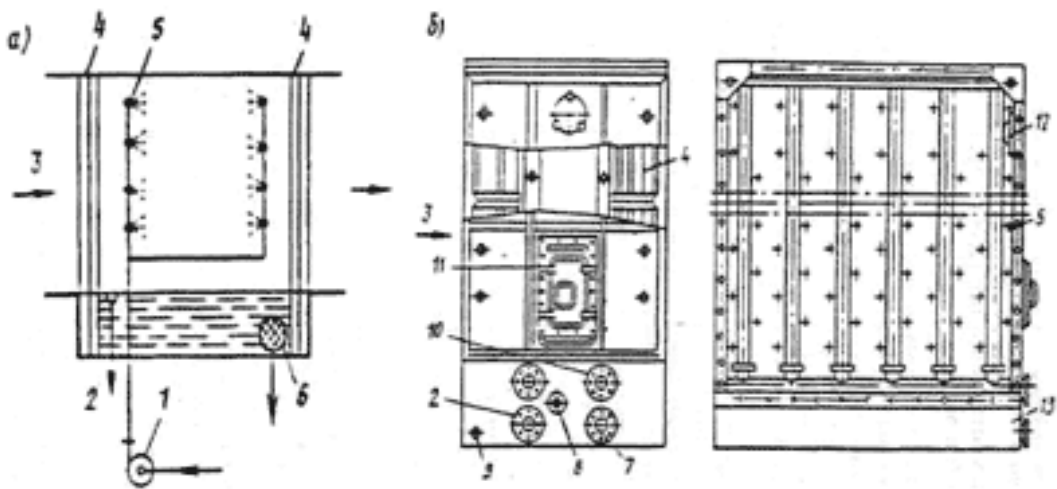


Рис. 5.2. Горизонтальна камера зрошування: а — схема; б — загальний вигляд:

1 — насос; 2 — перелив; 3 — повітря; 4 — сепаратори-каплепоглиначі; 5 — форсунок; 6 — фільтр для води; 7 — відвод води до насосу; 8 — підвод води до шарового клапану; 9 — злив води; 10 — підвод води до форсунок; 11 — двері; 12 — світильник; 13 — піддон.

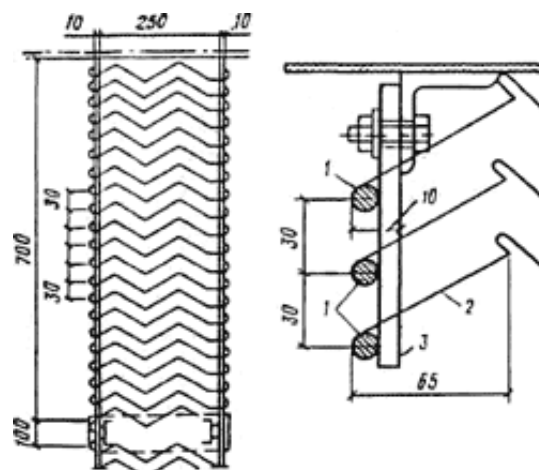


Рис. 5.3 Сепаратори в камері зрошування: 1 — штирі; 2 — пластини; 3 — несуча планка.

Кількість рядів форсунок, розміщених послідовно за ходом руху повітря, дорівнює одному, двум або трьом для горизонтальних камер та одному для вертикальних. В кожному ряду форсунки розташовують так, щоб факели розпилю перекривали все поперечний переріз камери. Вода, що подається із форсунок під тиском, образує факели, що мають різний кут розпилю в залежності від тиску розпилюваної води, діаметра вихідного отвору та конструкції форсунок.

В горизонтальних камерах напрямок факелів, які образують форсунки першого ряду, завжди відповідає напрямку руху повітря. Факели форсунок другого та третього рядів направлені в сторону, протилежну руху повітря. В вертикальних камерах рух повітря та води протилежні: факели води рухаються зверху вниз, а повітря рухається знизу верх.

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №6

РОТОРНО-АДСОРБЦІЙНЕ ОСУШЕННЯ ПОВІТРЯ

Мета роботи: вивчення процесів осушення повітря

Порядок виконання роботи:

1.Заміряти температуру повітря двох потоків:

- на вході у ротор
- на виході з ротору

2.Заміряти відносну вологу повітря:

- на вході у ротор
- на виході з ротору

3.Заміряти діаметр отвору, крізь який проходить осушаєме повітря, та швидкість його проходження

4.Побудувати процеси в d-h діаграмі

5.Розрахувати витрату повітря, та навантаження осушувача .

$$W = G_v \cdot (d_2 - d_1), \text{ кг/с}$$

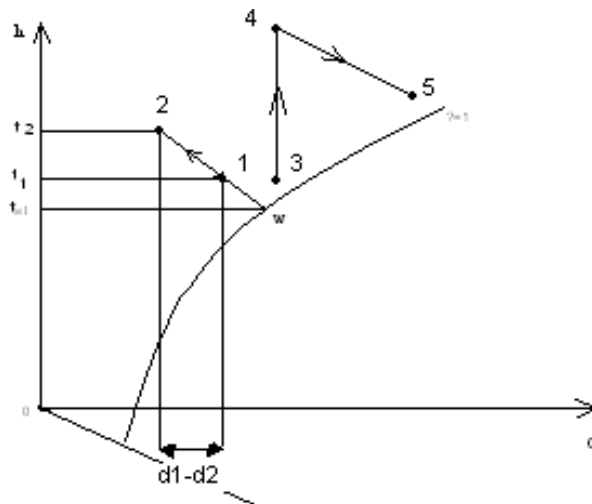


Рис. 6.1. Процес осушення повітря в d-h діаграмі (1-2 – процес осушення основного потоку повітря; 3-4 – підігрів допоміжного потоку, 4-5 – поглинання допоміжним потоком вологи від сорбенту).

Загальні положення.

Адсорбційні повітроосушувачі працюють за принципом принципу поглинання (адсорбції) вологи з повітря за допомогою різноманітних поглинаючих речовин – сорбентів. Прилад має ротор, що повільно крутиться, він заповнений адсорбентом (речовина, що поглинає вологу). Крізь ротор проходить два потоки повітря. Вологе повітря із приміщення проходить крізь більшу частину поверхні ротору (85%) та віддає вологу адсорбенту. Після осушення необхідна процедура реактивації сорбента, яка проводиться за допомогою гарячого пару. В іншому напрямку крізь меншу частину поверхні ротору продувається підігріте повітря ре активації, яке відбирає вологу у адсорбента. Ці прилади працюють майже без шуму, потребляють відносно не багато енергії.

У якості сорбента, як правило, використовують деліквісцентні солі: хлориди кальцію, літія, натрія, магнія та ін. в гранульованому вигляді. Ефективність роботи досягається при вологості від 0 до 100% та температурі від -30 до +40 градусів. Адсорбційні осушувачі можуть працювати як автономно, так і в комплексі із вентиляційною системою, або із кондиціонером.

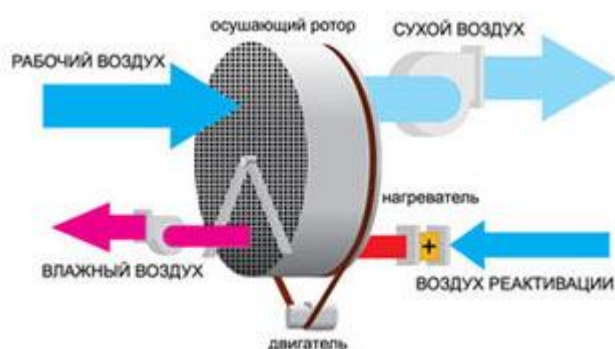


Рис. 6.2. Роторна технологія осушення повітря.

Список літератури

- 1 Ананьев В.А., Седых И.В. Холодильное оборудование для современных центральных кондиционеров. Расчеты и методы подбора. Учебное пособие. М.: Евроклимат, изд. ООО Диксис Трейдинг, 2001 – 96 с.
- 2 Баркалов Б.В., Карпис Е.Е. Кондиционирование воздуха в промышленных, общественных и жилых зданиях. 2-е изд. (Основы проектирования и расчета) – М.: Стройиздат, 1982 – 311 с.
- 3 Белова Е.М. Системы кондиционирования воздуха с чиллерами и фэнкойлами. – М.: Евроклимат, 2003 – 400 с.
- 4 Белова Е.М. Центральные системы кондиционирования воздуха в зданиях. – М.: Евроклимат, 2003 – 400 с.
- 5 Краснов Ю.С., Борисоглебская А.П., Антипов А.В. Системы вентиляции и кондиционирования. Рекомендации по проектированию, испытанию и наладке. – М.: Термокул, 2004 – 373 с.
- 6 Богословский В.Н., Кокорин О.Я., Петров Л.В. Кондиционирование воздуха и холодоснабжение. - М.: Стройиздат, 1985 – 367 с.
- 7 Внутренние санитарно-технические устройства. В 3 ч. Вентиляция и кондиционирование воздуха. Кн. 1. Под ред. Павлова Н.Н. и Шиллера Ю.И. 4-е переработанное издание – М.: Стройиздат, 1999. – 319 с.

- 8 Липа А.И. Кондиционирование воздуха. Основы теории. Современные технологии обработки воздуха. – Одесса, ВМВ, 2010. – 609 с.
- 9 Липа О.І., Жихарєва Н.В., Піщанська Н.О. Кондиціонування повітря. Посібник до самостійної роботи та виконання контрольних робіт – Одесса, ОГАХ, 2010. – 56 с.
- 10 Стомахина Г.И., Бобровицкий И.И., Малявина Е.Г., Плотникова Л.В. Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха: Жилые здания со встроено-пристроенными помещениями общественного назначения и стоянками автомобилей. Коттеджи.-М.:Пантори, 2003 –308с.
- 11 Пекер Я.Д., Мардер Е.Я. Справочник по выбору оборудования для кондиционирования воздуха.- К.: Будівельник , 1990 – 224 с.

Додаток 1. d-h діаграма

