

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ, МОЛОДІ ТА СПОРТУ УКРАЇНИ**  
**ХАРКІВСЬКА НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ**  
**МІСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА**

**МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ**

для практичних занять, виконання курсового проекту  
та самостійної роботи

з дисципліни

# **ВЕНТИЛЯЦІЯ**

*(для студентів 4 курсу заочної форми навчання напрямку  
6.060101 «Будівництво» та слухачів другої вищої освіти  
спеціальності 7.06010107 «Теплогазопостачання і вентиляція»)*

**Харків**  
**ХНАМГ**  
**2013**

Методичні вказівки для практичних занять, виконання курсового проекту та самостійної роботи з дисципліни «Вентиляція» (для студентів 4 курсу заочної форми навчання напряму 6.060101 «Будівництво» та слухачів другої вищої освіти спеціальності 7.06010107 «Теплогазопостачання і вентиляція») / Харк. нац. акад. міськ. госп-ва; уклад.: В. В. Гранкіна. – Х.: ХНАМГ, 2013. – 36 с.

Укладач: В. В. Гранкіна

Методичні вказівки побудовані за вимогами кредитно-модульної системи організації навчального процесу та узгоджена з орієнтовною структурою змісту навчальної дисципліни, рекомендованою Європейською Кредитно-Трансферною Системою (ECTS).

Рекомендовано для студентів будівельних спеціальностей.

Рецензент: доцент кафедри експлуатації газових і теплових систем  
Харківської національної академії міського господарства,  
кандидат технічних наук О. В. Ромашко

Рекомендовано кафедрою експлуатації газових і теплових систем,  
протокол № 10 від 16.11.2012 р.

## ЗМІСТ

	<b>Стор.</b>
ВСТУП .....	4
Практичне заняття № 1. Склад і фізичні властивості повітря. I-d діаграма вологого повітря .....	5
Практичне заняття № 2. Розрахунки повітрообміну при одночасному виділенні тепла й вологи з використання. I-d діаграма. Побудова графіка процесу процесів зміни стану повітря .....	8
Практичне заняття № 3. Процеси нагріву і охолодження повітря. Зволоження повітря парою. Визначення необхідного повітрообміну для обслуговування приміщень .....	11
Практичне заняття № 4. Розрахунки повітря обміну на розбавлення шкідливих речовин, які надходять у приміщення до ГДК .....	14
Практичне заняття № 5. Розрахунки повітрообміну за нормативною кратністю .....	17
Практичне заняття № 6. Розрахунки калориферної установки .....	18
Практичне заняття № 7. Розрахунки кількості припливних та витяжних пристроїв у приміщеннях .....	21
Практичне заняття № 8. Розрахунок і вибір повітряних фільтрів .....	22
Практичне заняття № 9. Аеродинамічні розрахунки систем вентиляції ....	23
Практичне заняття № 10. Розрахунки повітророзподілення .....	26
Практичне заняття № 11. Застосування професійних програм з систем опалення та вентиляції на ПЕОМ .....	26
Практичне заняття № 12. Конструктивне виконання вентиляційних систем. Вимоги до графічного оформлення креслень (робочих проектів) систем опалення й вентиляції .....	27
Практичне заняття № 13. Основи акустичного розрахунку вентиляційних систем .....	30
Список джерел .....	32
Додаток 1. Індивідуальні семестрові завдання для самостійної роботи студентів (теми рефератів) .....	34
Додаток 2. Склад курсового проекту .....	35

## ВСТУП

Вентиляція (рос. вентиляция, англ. ventilation, circulation, нім. Lüftung, Ventilation) – видалення повітря з приміщення і заміна його свіжим, в необхідних випадках, обробленим повітрям. Вентиляція створює умови повітряного середовища, сприятливі для здоров'я і самопочуття людини, що відповідають вимогам технологічного процесу, збереження устаткування і будівельних конструкцій будівлі, зберігання матеріалів, продуктів, книг, картин і т.д.

Для оптимального теплового самопочуття людина повинна зберігати постійну температуру тіла, що забезпечується безперервним відведенням тепла, що утворюється в процесі життєдіяльності організму і сприйманої ним теплоти в навколишнє середовище. Теплообмін і теплове самопочуття людини обумовлюються сумісним впливом температури повітря і навколишніх предметів, вологості повітря і швидкості його руху біля тіла.

Параметри чистоти повітря з утримання в одиниці його об'єму отруйних газів, парів і пилу, а також температурна – вологість параметри регламентовані санітарними нормами проектування.

## Практичне заняття № 1

### Склад і фізичні властивості повітря.

#### I-d діаграма вологого повітря

Мета заняття – засвоєння знань з складу та властивостей повітря. Ознайомлення з I-d діаграмою.

Головними складовими частинами повітря є азот — 78,08 % об'єму, кисень — 20,96 % об'єму та інертні гази — 0,94 % об'єму, у тому числі аргон — близько 0,9 % об'єму. Кількість цих газів у повітрі не змінюється, тому їх називають постійними складовими частинами повітря.

До складу повітря входять також: діоксид вуглецю  $\text{CO}_2$  (вуглекислий газ) — близько 0,03 % об'єму і водяна пара 0,1—2,8 % об'єму. Однак їхня кількість залежно від умов може сильно змінюватись, тому їх називають змінними складовими частинами повітря.

Суміш сухого повітря з водяною парою називається вологим повітрям. Атмосферне повітря, що складається з кисню, азоту, вуглекислоти й невеликої кількості інертних газів, завжди містить деяку кількість водяної пари.

Відносна вологість повітря, яка є одним з основних метеорологічних параметрів, визначається за залежністю

$$\varphi = \frac{P_{\text{п}}}{P_{\text{нп}}} \cdot 100\% , \quad (1.1)$$

де  $P_{\text{нп}}$  – парціальний тиск насиченої пари.

Відносна вологість повітря визначається як подане у частках одиниці або % відношення парціального тиску водяної пари повітря даного стану до парціального тиску насиченої водяної пари при тих самих температурі й барометричному тиску.

Вологовміст вологого повітря даного стану  $d$  визначається як кількість узяті у грамах маси водяної пари, що припадає на 1 кг сухого повітря.

Вологовміст можна визначити за формулою

$$d = 622 \frac{P_{\text{п}}}{P_{\text{б}} - P_{\text{п}}} , \text{ г/кг.с.п.} \quad (1.2)$$

Температура повітря вимірюється в  $^{\circ}\text{C}$ , якщо не позначена інша шкала (наприклад,  $\text{K}$ ).

Ентальпія вологого повітря визначається за формулою:

$$I_{в.п.} = I_{с.п.} + I_{п}, \text{ кДж/кг с.п.} \quad (1.3)$$

де  $I_{с.п.} = C_{с.п.} t$  - ентальпія сухого повітря, кДж/кг с.п.

$C_{с.п.}$  - питома масова теплоємність сухого повітря, кДж/(кг°С);

$I_{п} = (r_{t=0} + C_{п}t)d10^{-3}$  - ентальпія водяної пари, кДж/кг с.п.;

$r_{t=0}$  - теплота пароутворення, кДж/кг води;

$C_{п}$  - питома масова теплоємність водяної пари, кДж/(кг°С).

Ентальпія вологого повітря може бути також подана у вигляді

$$I_{в.п.} = 1,005t + (2500 + 1.8t)d10^{-3} \text{ кДж/кг с.п.} \quad (1.4)$$

Розрахунки процесів зручно виконувати графоаналітичним методом за допомогою I-d діаграми.

Побудова I-d діаграми вологого повітря здійснюється так:

а) на осі ординат відкладаємо в обраному масштабі від вільно обраної точки нульову температуру вологого повітря  $t$ , °С, її позитивні й негативні значення;

б) вісь абсцис розташовуємо у верхній частині шкали температур і наносимо на неї значення вологовмісту повітря  $d$ , г/кг с.п. Точка перетину осей має  $d = 0$ . тобто на температурній шкалі знаходиться абсолютно сухе повітря;

в) ентальпія абсолютно сухого повітря визначається формулою:

$$I_{сп} = 1,005t, \text{ кДж/кг с.п.} \quad (1.5)$$

Отже, з точністю до постійної ентальпія сухого повітря дорівнює його температурі й шкала температури може бути використана як шкала ентальпії;

г) звернемося до формули ентальпії вологого повітря, згідно з якою ентальпія вологого повітря є функцією незалежних змінних - температури та вологовмісту. Нехай лінії постійного значення вологовмісту будуть спрямовані паралельно осі ординат, а ізотерми орієнтовані в напрямку, паралельному осі абсцис. Тоді лінії постійної ентальпії, починаючись на температурній шкалі (яка також є шкалою ентальпії), повинні бути спрямовані зліва направо і зверху донизу. Дійсно, при русі зліва направо ентальпія вологого повітря буде збільшуватися за рахунок зростання "d", а постійною вона може залишатись лише в тому випадку, якщо при цьому буде відповідним чином падати температура повітрянопарової суміші.

Строго кажучи, лінія постійної ентальпії є кривою другого порядку, але практичного значення це не має - ізоентальпія в I-d діаграмі зображене прямою лінією;

д) криві постійної відносної вологості "d" будуємо в наступному порядку: призначаємо барометричний тиск, для якого будуємо I-d діаграму;

домовляємося, яку криву відносної вологості будуватимемо, наприклад,  $\varphi=1$ ); призначаємо ряд температур насиченої повітряно-парової суміші й визначаємо відповідний ряд  $P_{\text{нп}}$ ; використовуючи відомі  $P_6$ ,  $\varphi$ ,  $P_{\text{нп}}$ , за формулою обчислюємо  $d$ ;

- для ряду обчислених значень  $d$  та відповідних значень  $t = t_m$  у I-d діаграмі наносимо точки й з'єднуємо плавною кривою. Отримуємо криву постійної відносної вологості зі значенням  $\varphi = 1$  (або  $\varphi=100\%$ ).

Для кожної точки I-d діаграми тепер можна визначити величини  $t$ ,  $\varphi$ ,  $I$ ,  $d$ .

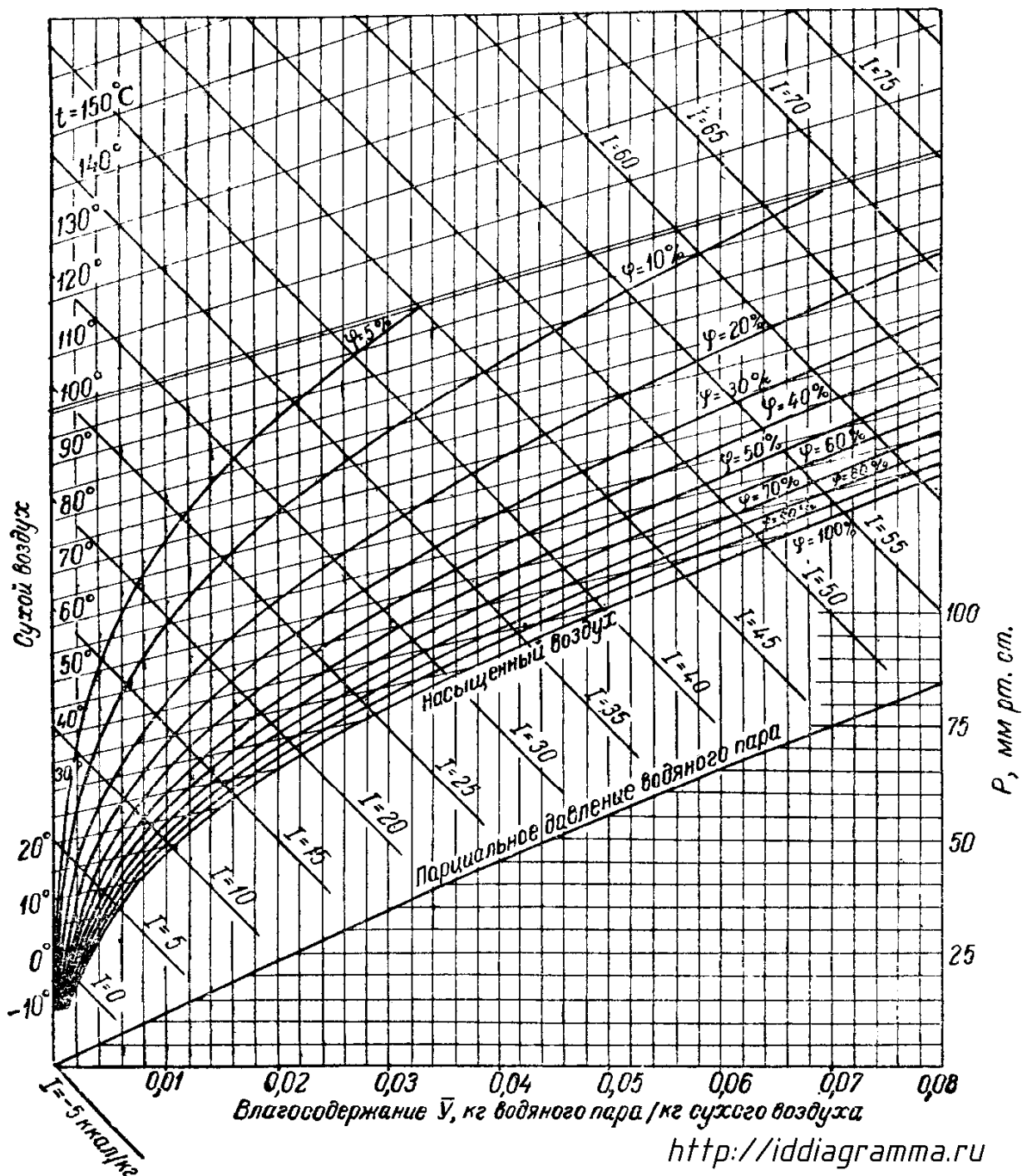


Рис. 1 – Основні лінії I-d діаграми

### Контрольні питання

1. Поясніть, які основні складові частини повітря?
2. Поясніть, як визначається відносна вологість повітря?
3. Поясніть, від чого залежить вологовміст?
4. Послідовність здійснення побудови I-d діаграми?
5. Поясніть, як визначається вологовміст за I-d діаграмою?

### Практичне заняття № 2

#### Розрахунки повітрообміну при одночасному виділенні тепла й вологи з використання. I-d діаграма.

#### Побудова графіка процесу процесів зміни стану повітря

Мета заняття – закріплення теоретичних знань з питань властивостей вологого повітря, оволодіння навичками роботи з (I-d) –діаграмою вологого повітря.

На занятті розглядається структура (I-d) –діаграми знаходження в полі діаграми точок, що характеризують стан повітря, принципи побудови елементарних процесів зміни тепловологісного стану повітря, правила визначення параметрів повітря в типових випадках.

На площині (I-d) –діаграми нанесені лінії рівного вологовмісту ( $d$ ), рівної ентальпії ( $I$ ), рівної відносної вологості ( $\varphi$ ), ізотерми (лінії незмінної температури  $t$ ). При відомих двох із названих величин, що характеризують стан вологого повітря, у точці перетину відповідних ліній можна визначити всі інші. Важливими параметрами вологого повітря є такі, як, наприклад, температура мокрого термометра і температура точки роси.

Температурою мокрого термометра ( $t_m$ ) повітря даного стану називають температуру насиченого повітря (тобто при  $\varphi=100\%$ ), визначену при  $I=\text{const}$  (рис. 2.1).

Температурою точки роси повітря даного стану ( $t_p$ ) називають температуру насиченого повітря ( $\varphi=100\%$ ), визначену при незмінному вологовмісті ( $d=\text{const}$ , рис. 2.2).

### Контрольні завдання

#### Завдання 2.1.

За допомогою (I-d) –діаграми визначити відносну вологість повітря, яке має температуру  $t$ . Температура мокрого термометра дорівнює  $t_m$  (табл. 2.1).



Таблиця 2.1 – Параметри вологого повітря

Параметр	Варіанти									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
Температура повітря, °С	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26
	Варіанти									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
Температура мокрого термометра, °С	15	15	15	18	18	18	19	19	20	20

Завдання 2.2.

Використовуючи (I-d) –діаграму вологого повітря, визначити точку роси для заданих параметрів повітря (табл. 2.2).

Таблиця 2.2 – Параметри повітря за варіантами

Параметр	Варіанти									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
Температура, °С	30	28	26	24	22	20	18	16	14	12
	Варіанти									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
Відносна вологість, %	95	90	85	80	75	70	65	60	55	50

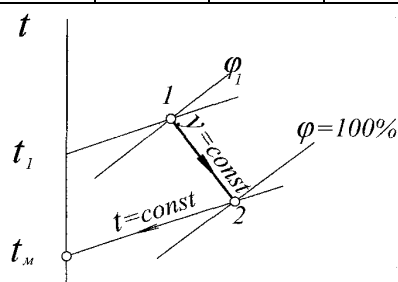


Рис. 2.1 – Температура мокрого термометра

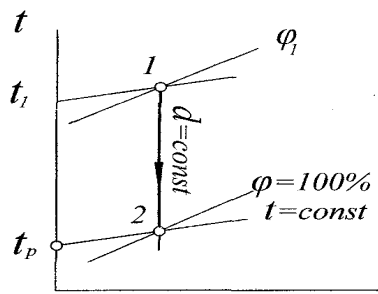


Рис. 2.2 – Температура точки роси

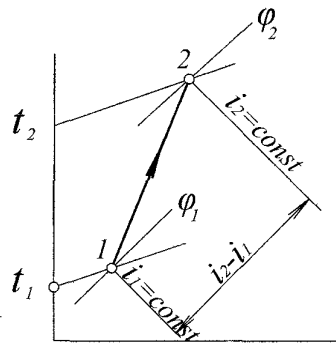


Рис. 2.3 – Визначення зміни тепловмісту повітря

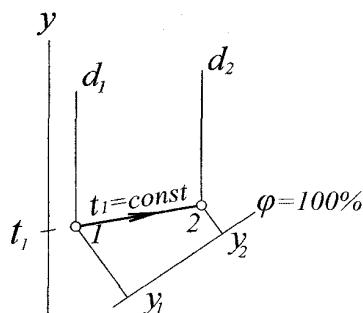


Рис. 2.4 – Процес зволоження повітря водяною парою

### Контрольні питання

1. Поясніть, яка послідовність дій за I-d діаграмою для визначення температури точки роси повітря?
2. Проаналізуйте дії для визначення відносної вологості повітря за I-d діаграмою?
3. Поясніть, як характеризується стан вологого повітря?
4. Дайте визначення температури мокрого термометру?
5. Дайте визначення точки роси повітря?

### Практичне заняття № 3

#### Процеси нагріву і охолодження повітря. Зволоження повітря парою. Визначення необхідного повітрообміну для обслуговування приміщень

Мета заняття – поглиблення навичок роботи з (I-d)- діаграмою вологого повітря; закріплення теоретичних знань побудови процесів нагріву і охолодження повітря при постійному та змінному вологовмісті.

На заняттях студенти повинні ознайомитись з методиками визначення параметрів при одночасному протіканні процесів нагріву і зволоження повітря; при зволоженні повітря парою; вміти оцінювати зміну стану повітря при змішуванні різних об'ємів повітря з різними параметрами.

За допомогою (I-d) –діаграми можна визначити параметри повітря при зволоженні водяною парою і обчислювати кількість теплоти для нагріву (охолодження) повітря від стану, що характеризується величинами  $t_1$ ,  $\varphi_1$ ,  $d_1$  до стану з величинами  $t_2$ ,  $\varphi_2$ ,  $d_2$ . Для цього необхідно визначити ентальпію повітря в точках 1, 2. Різниця ентальпій (тепловмісту)  $i_2-i_1$  дорівнює потрібній кількості теплоти (рис. 2.3).

Якщо необхідно визначити кінцевий стан паро-повітряної суміші при підмішуванні до повітря початкового стану ( $I_1$ ,  $d_1$ ) з витратами  $M$ , кг/с, водяної пари у кількості  $G$ , кг/с, хід розв'язання повинен бути таким:

1. Визначають кінцевий вологовміст суміші

$$d_2 = d_1 + (G \cdot 10^3) / M, \text{ г/кг сухого повітря;}$$

2. В (I-d) –діаграмі знаходять точку 1, що характеризує початковий стан повітря;

3. Оскільки процес зволоження повітря відбувається ізотермічно, точку 2, яка характеризує кінцевий стан суміші, знаходять на перетині ліній  $t_1 = \text{const}$  і  $d_2 = \text{const}$  (рис. 2.4). Ця точка визначає ентальпію повітря кінцевого стану  $I_2$ .

Нагрів повітря в системах вентиляції частіше здійснюється в холодний період року, коли тепловитрати приміщення перевищують надходження теплоти або коли необхідно поповнити обсяг видаляемого повітря зовнішнім, а без підігріву це зробити неможливо. На рис.2.5 а) представлений процес нагріву повітря від початкового 1 до кінцевого 2 стану. При цьому спостерігаємо зміну стану повітря, що характеризується параметрами: температура збільшується від  $t_1$  до  $t_2$ ; ентальпія збільшується від  $I_1$  до  $I_2$ ; вологовміст  $d_1 = d_2 = \text{const}$ ; відносна вологість зменшується від  $\varphi_1$  до  $\varphi_2$ .

Досить цікавим є визначення витрати теплоти на нагрів повітря. Це можна зробити за формулою:

$$Q = m_{\text{в}}(I_2 - I_1), \quad (3.1)$$

де  $m_{\text{в}}$  – кількість повітря, що нагрівається.

б) Процес охолодження повітря частіше здійснюється в теплий період. Охолодження при постійному вологовмісті відбувається тоді, коли температура охолодженої поверхні  $t_{\text{пов}}$  знаходиться в діапазоні  $t_1 > t_{\text{пов}} > t_{\text{р1}}$ .

У даному процесі спостерігаємо: зменшення температури повітря від  $t_1$  до  $t_2$ ; зменшення ентальпії від  $I_1$  до  $I_2$ ; збільшення відносної вологості від  $\varphi_1$  до  $\varphi_2$ ; постійний вологовміст  $d_1 = d_2 = \text{const}$ .

Охолодження зі зменшенням вологовмісту повітря. Необхідною умовою здійснення процесу є

$$t_{\text{пов}} < t_{\text{р1}}.$$

Саме такий процес охолодження є переважним при необхідності забезпечити задані параметри температури й відносної вологості повітря приміщення.

Випарне охолодження і зволоження повітря. Якщо ненасичене повітря пропускати крізь розвинуту поверхню плівок або крапель води, то вода буде випаровуватися, повітря буде насичуватися вологою, а його температура буде знижуватися. Зниження температури повітря зумовлене тим, що на випарування води теплота відбирається з повітря, яке зволожується.

Відбувається така зміна параметрів повітря: зменшення температури повітря,  $t_1 > t_2$ ; збільшення вологовмісту,  $d_2 > d_1$ ; збільшення відносної вологості,  $\varphi_1 < \varphi_2$ ; практично постійне значення ентальпії,  $I_1 = I_2$ .

Постійність ентальпії повітря у даному процесі дозволяє назвати його адіабатним (ізоентальпійним). Для здійснення такого процесу не потрібне джерело холоду.

### Контрольні завдання

#### Завдання 3.1.

Використовуючи (I-d)–діаграму вологого повітря, визначити витрати теплоти для нагрівання повітря від стану, що характеризується температурою  $t_1$  і відотною вологістю  $\varphi_1$  (табл. 3.1), до параметрів  $t_2$ ,  $\varphi_2$  (табл. 3.2). Витрати повітря прийняти за табл. 3.3.

Таблиця 3.1 – Початкові параметри повітря

Параметр	Варіанти									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
Температура $t_1$ , °C	5	5	5	8	8	8	10	10	-5	-5
Відносна вологість $\varphi_1$ , %	70	50	30	60	50	40	45	65	80	60

Таблиця 3.2 – Кінцеві параметри повітря

Параметр	Варіанти									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
Температура $t_2$ , °C	18	19	20	21	22	18	19	20	21	22
Відносна вологість $\varphi_2$ , %	45	45	45	45	45	60	60	60	60	60

Таблиця 3.3 – Витрати повітря за варіантами

Варіанти	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
Витрати повітря, кг/с	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0	4,5	5,0	5,5

## Завдання 3.2.

До повітря з початковими параметрами  $I_1$ ,  $d_1$  (табл. 3.4) у кількості 10000 кг/год. підмішують водяну пару у кількості  $G$  (табл. 3.5). Визначити кінцеві параметри повітря.

Таблиця 3.4 – Початкові параметри повітря

Параметр	Варіанти									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
Ентальпія $I_1$ , ккал/кг	5	6	7	5	6	7	8	5	6	7
Вологовміст $d_1$ , г/кг	3	3	3	4	4	4	4	5	5	5

Таблиця 3.5 – Вихідні дані до виконання завдання

Параметр	Варіанти									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
Витрата водяної пари $G$ , кг/год.	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60

### Завдання 3.3

Визначити через калорифер витрати води, необхідної для нагріву  $G_{\text{п}}$  кг/с повітря від температури  $t_3$  до  $t_{\text{в}}$  (табл. 3.6). Теплоємкості повітря і води прийняти відповідно 1000 і 4187 Дж/(кг·°C). Температуру води на вході і виході калорифера приймати за табл. 3.7.

Таблиця 3.6 – Вихідні дані для розв'язання завдання 3.3

Параметр	Варіанти									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
Витрата повітря $G_{\text{п}}$ , кг/с	3	3,5	4,0	4,5	5,0	5,5	6,0	7,0	8,0	9,0
Початкова температура $t_3$ , °C	-5	-10	-15	-20	-25	0	5	10	-1	-3
Температура нагріву повітря $t_{\text{в}}$ , °C	20	20	20	20	20	18	18	18	18	10

Таблиця 3.7 – Температура води, яка нагріває

Температура, °C	Варіанти									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
- на вході у калорифер	150	140	130	120	110	100	90	80	70	70
- на виході з калорифера	70	70	70	60	60	60	55	55	50	50

### Практичне заняття № 4

#### Розрахунки повітря обміну на розбавлення шкідливих речовин, які надходять у приміщення до ГДК

Мета заняття – поглиблення знань що до визначення повітрообміну при викидах шкідливих речовин, придбання практичних навичок розрахунку.

Повітрообмін – це кількість повітря, яку необхідно подати або видалити з приміщення з метою підтримки нормованих параметрів внутрішнього повітряного середовища, а також його чистоти.

Обмін повітря повинен розраховуватись так, щоб концентрація шкідливостей (пари, гази, волога, пил або аерозолі та ін.) в приміщенні під час роботи вентиляції не перевищувала допустимих рівнів чи гранично допустимих концентрацій (ГДК). ГДК деяких шкідливих речовин встановлюються згідно

ГОСТ І2.1.005- 88 і ДСН 3.3.5.042 — 99 "Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень".

Кількість повітря, що подається у приміщення для забезпечення необхідних метеорологічних умов та якості повітря робочої зони, визначають відповідно до існуючих будівельних норм. Розрахунок здійснюють за такими чинниками: шкідливі речовини, надлишки теплоти, надлишки вологи, за кількістю працюючих. Якщо у приміщенні мають місце одночасно декілька шкідливих чинників, розрахунок ведуть за кожним із них і більше з отриманих значень приймають за розрахункове.

При одночасному надходженні у повітря приміщення кількох шкідливих речовин односпрямованої дії об'єми повітря, необхідні для розбавлення кожної речовини окремо, сумують, а при речовинах різноспрямованої дії - допускається приймати найбільший з розрахованих об'ємів.

Наприклад, при одночасному випаровуванні декількох розчинників (ацетону, спиртів, оцтової кислоти) чи подразнюючих газів (сірчаного чи сірчистого ангідриду, хлористого та фтористого водню та ін.) розрахунок кількості повітря для загальнообмінної вентиляції слід виконувати, сумуючи обсяги його, потрібні для розбавлення до норми окремо кожного з розчинників чи подразнюючих газів.

При одночасному виділенні кількох газів і парів, окрім розчинників і подразнюючих газів, кількість повітря при розрахунку вентиляції приймається за тією шкідливістю, яка потребує найбільшого розбавлення.

На основі даних про кількість шкідливостей, що виділяються в приміщення, визначається розрахунковий повітрообмін, який відповідає максимальному (найбільшому) значенню необхідної продуктивності витяжної вентиляції. Даний повітрообмін беруть за основу в розрахунках систем вентиляції.

Розрахунок повітрообміну за значенням показника ведуть таким чином. Спочатку визначають, скільки шкідливої речовини надходить у повітря приміщення та фактичну її концентрацію, що утворюється у приміщенні протягом однієї години.

При виділенні пари або газів у приміщенні необхідний повітрообмін визначається виходячи з умови розбавлення їх до гранично допустимих концентрацій

$$L_H = \frac{G}{c_{вид} - c_{пр}}, \text{ м}^3/\text{год}, \quad (4.1)$$

де  $G$  – кількість пари, газів або пилу, що виділяється, мг/год;  
 $c_{вид}$  – концентрація шкідливих речовин у повітрі, що видаляється,

мг/м<sup>3</sup> – не повинна перевищувати ГДК;  $c_{np}$  – концентрація шкідливих речовин у повітрі, що подається в приміщення, мг/м<sup>3</sup> – не повинна перевищувати 0,3 ГДК;

У громадських будинках повітрообмін, розрахований на розбавлення шкідливих газів (двоокису вуглецю) до ГДК, частіше всього менший, ніж розрахований на асиміляцію надлишкової теплоти та на видалення вологи.

Величина ГДК залежить від шкідливості речовини. Для шкідливих речовин, що впливають на людину односпрямовано необхідно щоб реалізовувалась наступна умова, повинна реалізуватися умова

$$\sum_{i=1}^n \frac{C_i}{ГДК_i} \leq 1, \quad (4.2)$$

де  $C_i$  - концентрація  $i$ -го компонента, г/м<sup>3</sup>; ГДК – гранично допустима концентрація цього компонента, г/м<sup>3</sup>;  $i$  – порядковий номер компонента;  $n$  – кількість односпрямовано діючих компонентів, шт.

Для зменшення шкідливого впливу до ГДК система вентиляції повинна подати до приміщення певний об'єм свіжого повітря, який визначають рівнянням

$$L = \frac{C}{ГДК - C_{гр}}, \text{ м}^3/\text{год}, \quad (4.3)$$

де  $C$  - кількість шкідливості, що надходить до приміщення, г/год;

ГДК,  $C_{гр}$  - відповідно ГДК даної шкідливості та концентрація у припливному повітрі, г/м<sup>3</sup>.

Шкідливий повітрообмін визначають за формулою:

$$\text{при газовиділеннях } L_{co2} = \frac{G_{np}}{вк - вн}, \text{ м}^3/\text{год}, \quad (4.4)$$

$$\text{при виділенні вологи } L_w = \frac{D_{np}}{(dy - dn)\gamma}, \text{ м}^3/\text{год}, \quad (4.5)$$

$$\text{при тепловиділеннях } L_Q = \frac{D_{np}}{(ty - tn)\gamma \cdot c}, \text{ м}^3/\text{год}, \quad (4.6)$$

де  $вк$  – гранично допустимий вміст газу в повітрі, л/м<sup>3</sup>;

$вн$  – вміст газу у припливному повітрі, л/м<sup>3</sup>;

$dy$  та  $dn$  – вологовміст виділеного і припливного повітря, г/кг;

$ty$  та  $tn$  – температура припливного та видаляемого повітря, °С.

$C$  — питома теплоємність повітря при постійному тиску, ще дорівнює 1 кДж/кгК;  $\gamma$  — густина припливного повітря, кг/м<sup>3</sup>;  $tв$  — температура повітря, що виходить з приміщення;  $tn$  — температура припливного повітря.



### Контрольні питання

1. Дайте визначення поняттю повітрообміну?
2. Поясніть, які чинники для визначення повітрообміну?
3. Поясніть, як визначається повітрообмін з умов розбавлення при виділенні пари або газів у приміщення їх до гранично допустимих концентрацій?
4. Поясніть, яка умова ГДК для шкідливих величин, що впливають на людину односпрямовано?
5. Поясніть, що впливає на повітрообмін при газовиділеннях, виділеннях вологи, при тепловиділенні?

### Практичне заняття № 5

#### Розрахунки повітрообміну за нормативною кратністю

Мета заняття – придбання практичних навичок з розрахунку системи вентиляції за нормативною кратністю

Розрахунок повітрообміну за його кратністю виконують за формулою

$$L = k \cdot V, \quad (5.1)$$

де  $V$  – об'єм приміщення,  $\text{м}^3$ ;  $k$  – коефіцієнт кратності, який характеризує, скільки раз зміниться об'єм повітря в приміщенні за одиницю часу.

Значення нормативної кратності для приміщень громадських, адміністративно-побутових і промислових будівель наведено у будівельних нормах.

#### Завдання 5.1

Для приміщення об'ємом (табл.5.1, згідно варіанту) та потрібною кратністю повітрообміну (табл. 5.1, згідно варіанту) визначити витрати повітря для повітрообміну приміщення.

Таблиця 5.1 – Вихідні дані до виконання завдання

Параметр	Варіанти									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
Об'єм приміщення, $\text{м}^3$	150	200	25	30	35	40	45	50	55	60
Кратність повітрообміну, 1/год	2	3	4	5	6	7	8	2,5	3,5	4,5

### Контрольні питання

1. Поясніть, що впливає на повітрообмін за його кратністю?
2. Дайте визначення кратності повітрообміну?

## Практичне заняття № 6

### Розрахунки калориферної установки

Мета заняття – придбання теоретичних знань та практичних навичок з розрахунку калориферної установки.

Методика розрахунку калориферної установки.

1. Визначають витрати теплоти для нагрівання повітря за формулою

$$Q = 0,278 \cdot C_n \cdot G_n \cdot (t_{np} - t_n), \text{Вт}, \quad (6.1)$$

де  $C_n$  – питома теплоємність повітря, кДж/(кг<sup>0</sup>С);  $m_b$  – кількість повітря, що нагрівається, кг/год;  $t_{np}$  – температура повітря після нагрівання, тобто температура припливного повітря, <sup>0</sup>С;  $t_n$  – температура повітря до калорифера, <sup>0</sup>С.

2. Задаємо значення масової швидкості повітря  $x_s$  у «живому перерізі» повітрянагрівача (в межах рекомендованих величин 4-12) й знаходимо приблизну площу «живого перерізу»

$$f = m_b / (3600 \cdot v_p), \text{ м}^2, \quad (6.2)$$

де  $m_b$  – кількість повітря, що нагрівається, кг/год .

2. Виходячи з площі «живого перерізу»  $f$  , типу та моделі обраного повітрянагрівача, визначаємо кількість встановлених паралельно за повітрям повітрянагрівачів. Це дозволяє визначити дійсну площу «живого перерізу» за повітрям  $f_o$  і масову швидкість руху повітря

$$(v_p)_o = m_b / (3600 f_o) , \text{ кг}/(\text{м}^2 \text{с}). \quad (6.3)$$

3. Визначають кількість теплоносія, що проходить крізь кожний повітрянагрівач

$$W = Q / (c_w \rho_w (t_n - t_z) n), \text{ м}^3/\text{с}, \quad (6.4)$$

де  $Q$  – витрата теплоти на підігрів повітря, кВт ;  $C_w$  – питома масова теплоємність теплоносія, яка береться 4,19 кДж/(кг <sup>0</sup>С);  $c_w$  – щільність води, яка береться 1000 кг/м<sup>3</sup>;  $n$  – кількість повітрянагрівачів, що паралельно підключені за теплоносієм, шт (при одному калорифері в установці  $n=1$ );  $t_n$ ,  $t_z$  – температура теплоносія, відповідно, в подавальному та зворотньому патрубках, <sup>0</sup>С.

4. Знаходимо швидкість теплоносія у трубках

$$\omega = W / f_{tp}, \text{ м}/\text{с}, \quad (6.5)$$

де  $f_{tp}$  – «живий переріз» трубок повітрянагрівача за теплоносієм, м<sup>2</sup>.

5. Коефіцієнт теплопередачі ( $K$ ) повітрянагрівача залежить від його конструкції та гідродинамічного режиму роботи, що визначається швидкістю

повітря і теплоносія у «живих перерізах» повітрянагрівача. Визначають залежно від масової швидкості та швидкості води (при парі тільки залежно від масової швидкості) за таблицями.

6. Необхідну поверхню теплообміну всієї повітрянагрівальної установки визначаємо за формулою

$$F_y = \frac{1.1 \cdot Q}{K((t_n + t_s)/2 - (t_n + t_e)/2)}, \text{ м}^2, \quad (6.6)$$

де  $t_n$ ,  $t_e$  – початкова, відповідно, кінцева температури нагріваємого повітря, °С.

7. Знаходимо загальну кількість повітрянагрівачів, що встановлюються:

$$n_1 = F_y / F, \quad (6.7)$$

де  $F$  – теплообмінна поверхня одного повітрянагрівача обраної моделі, м<sup>2</sup>.

8. Число повітрянагрівачів приймаємо " $n_k$ " – кратним їх кількості у першому ряді установки. У загальному випадку  $n_1$  не дорівнює  $n_k$ , і тому потрібні подальші обчислення.

9. Обчислюємо дійсну величину поверхні теплообміну

$$F_{y\delta} = F \cdot n_k, \text{ м}^2. \quad (6.8)$$

10. Обчислюємо запас поверхні теплообміну

$$(F_{y\delta} - F_y) / F_y \cdot 100, \%. \quad (6.9)$$

Якщо запас поверхні перевищує 15%, слід повторити розрахунки, обираючи новий тип повітрянагрівачів.

Приклад.6.1. Розрахунок і підбір калориферних установок.

Підбираємо калорифер для системи припливної вентиляції. Кількість повітря –  $L=19214 \text{ м}^3/\text{год}$ . Початкова температура повітря  $t_{п\equiv} t_{ext Б} = -22^\circ\text{С}$ . Кінцева температура (температура припливного повітря) –  $t_{in.} = +11,6^\circ\text{С}$ . Нагрівання повітря відбувається теплофікаційною водою з параметрами  $t_{гap}/t_{звор} = 130/70^\circ\text{С}$ .

Визначаємо витрати теплоти для нагрівання повітря густиною  $\rho = 1,24 \text{ кг/м}^3$  при  $t_{in.} = +11,6^\circ\text{С}$  за формулою

$$Q = 0,278 \cdot \rho \cdot L_{in} \cdot c_{in} \cdot (t_{in} - t_{ext Б}),$$

де  $\rho$  – питома теплоємність повітря, що дорівнює  $1,00 \text{ кДж/ (кг} \cdot ^\circ\text{С)}$ ;

$L_{in}$  – кількість повітря, що підігрівається;

$\rho$  – густина припливного повітря;

$t_{in}$  – температура припливного повітря;

$t_{ext Б}$  – початкова температура повітря.

$$Q = 0,278 \cdot 1,00 \cdot 19214 \cdot 1,24 \cdot (11,6 - (-22)) = 222550 \text{ Вт}$$

Приймаємо масову швидкість руху повітря  $(x_c)=5$  кг/(м<sup>2</sup>\*с). Визначаємо розрахункову площу живого перерізу

$$f_{\text{ж}} = \frac{19214 \cdot 1,24}{3600 \cdot 5} = 1,32 \text{ м}^2$$

Приймаємо калорифери моделі КВС-7-П з встановленням їх паралельно по повітрю з дійсною площею перерізу по повітрю

$$f_o = 4 \cdot 0,17198 = 0,688 \cdot \text{м}^2$$

Визначаємо дійсну масову швидкість руху повітря

$$(v_{\rho})_o = \frac{19214 \cdot 1,24}{3600 \cdot 0,688} = 9,62 \cdot \text{кг} / \text{м}^2 \cdot \text{с}$$

Швидкість руху теплоносія (води) в трубках калориферів при послідовному з'єднанні трубопроводів розраховуємо за формулою (площа живого перерізу трубок калорифера по теплоносію, для КВС-7-П дорівнює 0,001159)

$$\omega = \frac{222550 \cdot 10^{-3}}{1000 \cdot 4,19 \cdot 0,001159 \cdot (130 - 70)} = 0,764 \cdot \text{м} / \text{с}$$

Необхідну площу поверхні нагрівання калориферної установки розраховуємо

$$F_y = \frac{222550}{41,47 \cdot (100 - (-5,2))} = 51,01 \cdot \text{м}^2$$

Фактична площа поверхні нагрівання калориферної установки визначається

$$F_{\text{уд}} = n \cdot f_{\phi} = 4 \cdot 14,16 = 56,64 \text{ м}^2$$

Для прийнятої калориферної установки запас площі поверхні нагрівання становить

$$\frac{56,64 - 51,01}{56,64} \cdot 100\% = 9,94 \cong 10\%$$

Запас площі знаходиться в допустимих межах 10-15 %.

Приймаємо до встановлення 4 калорифери марки КВС-7-П паралельно по повітрю і послідовно по теплоносію.

### Контрольні питання

1. Поясніть, як визначити площу «живого перерізу» повітрянагрівача?
2. Поясніть, як визначити масову швидкість руху повітря у повітрянагрівачі?
3. Поясніть, як визначити кількість теплоносія, що проходить крізь кожний повітрянагрівач?
4. Поясніть, як визначити швидкість теплоносія в трубках?
5. Який запас площі поверхні нагрівання повітрянагрівача?

## Практичне заняття № 7

### Розрахунки кількості припливних та витяжних пристроїв у приміщеннях

Мета заняття – придбання теоретичних знань та практичних навичок з розрахунку припливних та витяжних пристроїв у приміщеннях

За конструктивним виконанням повітророзподільники і пристрої для видалення повітря різноманітні: решітки типу Р і РР, плафони, повітропроводи рівномірної подачі та видалення повітря, перфоровані повітропроводи і панелі, панелі з направляючими елементами тощо.

Розподільники повітря бувають припливними і витяжними, регульовані і нерегульовані. Можуть бути круглої, квадратної і прямокутної форми, металеві (сталеві, алюмінієві) і пластмасові. Залежно від конструкції грати можуть створювати компактні, пласкі, неповні, віялові струмені та ін.

Площа «живого перерізу» пристрою визначають за формулою

$$F_{ж.р} = \frac{L}{3600 \cdot V}, \text{ м}^2, \quad (7.1)$$

де  $L$  – витрати повітря,  $\text{м}^3/\text{год}$ ;  $V$  – швидкість руху повітря  $\text{м}/\text{с}$ .

Потім знаходять кількість пристроїв

$$N = \frac{F_{ж.р}}{f_{ж.р}}, \text{ шт}, \quad (7.2)$$

де  $F_{ж.р}$  – площа живого перерізу,  $\text{м}^2$ ;  $f_{ж.р}$  – площа живого перерізу одної жалюзійної решітки,  $\text{м}^2$ .

### Контрольні питання

1. Поясніть, які за конструкторським виконанням бувають повітророзподільники та пристрої для видалення повітря?
2. Поясніть, як визначити площу «живого перерізу» повітророзподільника?
3. Поясніть, як визначити кількість розподільних пристроїв?

## Практичне заняття № 8

### Розрахунок і вибір повітряних фільтрів

Мета заняття – придбання теоретичних знань та практичних навичок з розрахунку повітряних фільтрів.

Послідовність розрахунку та вибору повітряних фільтрів.

Визначають необхідну площу фільтрувальної поверхні за формулою

$$F_{\phi} = \frac{L}{L_{num}}, \text{ м}^2, \quad (8.1)$$

де  $L$  – кількість повітря,  $\text{м}^3/\text{год}$ , яке очищується в фільтрі;  $L_{num}$  – питома повітряне навантаження,  $\text{м}^3/(\text{м}^2 \text{ год})$ .

Визначають розрахункову кількість ячеек фільтра, наприклад типу ФЯР, прийнявши площ фільтрувальної поверхні однієї ячейки  $f$ , за формулою

$$n_p = \frac{F_{\phi}}{f}, \text{ шт}, \quad (8.2)$$

де площа ячейки фільтра типу ФЯР ( $f=0,22 \text{ м}^2$ , для ячейки фільтра ФЯР).

Беруть установлювальну кількість ячеек фільтра закругливши до  $n_y$ .

Визначають кількість пилу, який буде вловлюватися в фільтрі, за формулою

$$m = \frac{L \cdot q_n \cdot \eta}{n_y \cdot 100}, \quad (8.3)$$

де  $q_n$  – початкова концентрація пилу,  $\text{г}/\text{м}^3$ ;  $\eta$  – ступінь очищення, %; 100- перевідний коефіцієнт.

Визначають пиломісткість однієї ячейки фільтра за формулою

$$\Pi_1 = \Pi \cdot f, \quad (8.4)$$

де  $\Pi$  – пило місткість фільтра,  $\text{г}/\text{м}^2$  (з таблиць).

Визначають час роботи фільтра  $\phi$ , год, до регенерації за формулою

$$\tau = \frac{\Pi_1}{m}, \quad (8.5)$$

Формують встановлені соти для монтування в них ячеек фільтра в припливній установці.

Приклад 8.1. Розраховуємо і підбираємо фільтри вентиляційної припливної установки П1 для очищення від пилу повітря в кількості  $L=19214 \text{ м}^3/\text{год}$  з початковою концентрацією пилу  $q_n=0,005 \text{ г}/\text{м}^3$ . Фільтри приймаємо ячеекові типу ФЯР.

Визначаємо необхідну площу фільтрувальної поверхні фільтра за формулою

$$F_{\phi} = \frac{L}{L_{\text{пит}}}, \text{ м}^2$$

де  $L$  – кількість повітря, що фільтрується;

$L_{\text{пит}}$  – повітряне навантаження фільтра типу ФяР. (6000 м<sup>3</sup>/(м<sup>2</sup>\*год))

$$F_{\phi} = \frac{19214}{6000} = 3,2 \cdot \text{ м}^2$$

Розрахункова кількість ячеек фільтра визначається

$$n_p = \frac{3,2}{0,22} = 14,5 \cdot \text{ штук}$$

Встановлена кількість ячеек в даному випадку дорівнюватиме  $n_y = 15$  штук.

Визначаємо час роботи фільтра до регенерації

$$\tau = \frac{506}{5,76} = 87,84 \cdot \text{ год}$$

Отже при однозмінній роботі, тобто 8 годин на добу, регенерацію фільтра виконують через  $(87,84/8=10,9)$  10 діб.

### **Контрольні питання**

1. Поясніть, як визначають необхідну площу фільтрувальної поверхні фільтра?
2. Поясніть, як визначають кількість ячеек фільтра?
3. Поясніть, як визначають тепломісткість однієї ячейки фільтра?
4. Поясніть, як визначають час роботи фільтра?

### **Практичне заняття № 9**

#### **Аеродинамічні розрахунки систем вентиляції**

Мета заняття - придбання теоретичних знань та практичних навичок з аеродинамічного розрахунку систем вентиляції

Існує дві задачі аеродинамічного розрахунку повітропроводів: пряма, в результаті розв'язання якої при заданих витратах повітря визначають діаметри круглих та поперечні перерізи прямокутних повітропроводів і витрати тиску в системі; обернена, в результаті розв'язання якої при відомих геометричних розмірах повітропроводів заданої системи визначають можливі витрати повітря на окремих ділянках і у системі в цілому.

Необхідно зазначити, що пряма задача аеродинамічного розрахунку повітропроводів розв'язується на стадії проектування вентиляційних систем, а

обернена – при пусконаладжувальних роботах змонтованих систем, а також при реконструкції та розширенні існуючих систем.

Вирішуючи аеродинамічні задачі вентиляції, беруть до уваги те, що тиск буває: статичний, динамічний (швидкісний) і повний.

Статичний тиск  $P_{ст}$  дорівнює тиску на стінки повітропроводу і визначає потенціальну енергію  $1 \text{ м}^3$  повітря в поперечному перерізі, який розглядається. Динамічний тиск – це кінетична енергія потоку  $1 \text{ м}^3$  повітря. Якщо швидкість руху повітря на ділянці повітропроводу в поперечному перерізі  $v$ , то динамічний тиск відображається залежністю

$$P_{\delta} = \frac{\rho v^2}{2}, \quad \text{Па}, \quad (9.1)$$

Повний тиск дорівнює сумі статичного та динамічного тисків тобто

$$P_n = P_{ст} + P_{\delta}, \quad \text{Па}, \quad (9.2)$$

В аеродинамічних розрахунках суттєвим є розуміння терміну «втрати тиску», що відповідає втратам енергії потоку.

Однією із складових втрат тиску є втрати тиску на подолання опору тертя стінок повітропроводу.

Втрати тиску на подолання опору тертя на розрахунковій ділянці довжиною  $l$  визначаються за формулою

$$\Delta P_m = \frac{\lambda_m}{d_z} \cdot l \cdot \frac{\rho v^2}{2}, \quad \text{Па}, \quad (9.3)$$

де  $\lambda$  – безрозмірний коефіцієнт тертя;  $l$  – довжина розрахункової ділянки, м;  $d_z$  – гідравлічний діаметр повітропроводу, м; для круглого перерізу повітропроводу  $d_z = d$ , для прямокутного  $d_z = 2ab/(a+b)$ .

Якщо в формулі (9.3)  $\frac{\lambda_m}{d_z} \cdot \frac{\rho v^2}{2}$  замінити питомими втратами  $R$  на подолання опору тертя на ділянці довжиною  $1 \text{ м}$ , Па/м, отримаємо залежність, яка використовується в інженерних розрахунках

$$\Delta P_m = R \cdot l \cdot \beta_u, \quad \text{Па}, \quad (9.4)$$

де  $\beta_u$  – коефіцієнт, який враховує шорсткість стінок повітропроводу; для сталених повітропроводів жорсткістю  $K=0,1$ ,  $\beta_u=1$ .

Втрати тиску на  $1 \text{ м}$  довжини повітропроводу  $R$  визначаються з таблиць або за номограмами.

Кожна вентиляційна система, крім прямих ділянок повітропроводів, має також фасонні деталі, регулюючі пристрої, а також інші конструктивні елементи, які є певними штучними перешкодами на шляху руху повітря. На кожній такій перешкоді відбувається падіння тиску в потоці повітря, яке



рухається в системі. Прийнято вважати, що втрати тиску на подолання місцевих опорів є зосередженими. Керуючись даним положенням, втрати тиску на подолання місцевих опорів вентиляційних систем визначаються за формулою:

$$\Delta P_z = \sum \xi \cdot \frac{\rho v^2}{2}, \quad \text{Па}, \quad (9.5)$$

де  $\sum \xi$  – сума коефіцієнтів місцевих опорів на розрахунковій ділянці.

В аеродинамічних розрахунках суміжних ділянок, які мають спільний місцевий опір (наприклад, трійник, хрестовину тощо), коефіцієнт місцевого опору відноситься до ділянки з меншою витратою повітря.

Втрати тиску на розрахунковій ділянці довжиною  $l$  при наявності місцевих опорів визначаються як сума втрат тиску на подолання опору тертя і місцевих опорів ділянки, тобто

$$\Delta P_{\text{дiл}} = \Delta P_m + \Delta P_z$$

або

$$\Delta P_{\text{дiл}} = \left( \frac{\lambda_m}{d_z} \ell + \sum \xi \right) \cdot \frac{\rho v^2}{2} \quad (9.6)$$

Загальні втрати тиску у вентиляційній системі в цілому визначаються як сума втрат тиску на розрахункових ділянках головної магістралі вентиляційної системи.

Головна магістраль вентиляційної системи – це ланцюг послідовних ділянок найбільшої довжини починаючи від вентилятора.

Розрахункова ділянка – це частина повітропроводу з постійною витратою повітря і постійним поперечним перерізом.

Аеродинамічний розрахунок систем вентиляції виконують після визначення повітрообмінів та прийняття технічних рішень щодо прокладання повітропроводів вентиляційних систем. Основою аеродинамічного розрахунку є аксонометрична схема системи вентиляції, яка виконується кресленням у масштабі 1:100.

### Контрольні питання

1. Поясніть, які основні задачі аеродинамічного розрахунку?
2. Дайте визначення динамічного тиску?
3. Поясніть, як визначити динамічний тиск?
4. Поясніть, як визначити втрати тиску по довжині на ділянці?
5. Поясніть, як визначити втрати тиску на місцевих опорів?
6. Навидить приклади місцевих опорів для вентиляційних систем?
7. Поясніть, як визначити загальні втрати тиску на ділянці вентиляційної системи?

## **Практичне заняття № 10**

### **Розрахунки повітророзподілення**

Мета заняття – придбання теоретичних знань та практичних навичок з розрахунку повітророзподілення.

Повітророзподілення — це одне з основних завдань, вирішувана при проектуванні і розрахунку систем вентиляції повітря.

Розподільник повітря — це пристрій (їх ще називають ґратами, дифузором, залежно від типу монтажу і конструкції), який дозволяє правильно розподілити повітря по приміщенню, щоб в робочій зоні (де знаходяться люди) повітря мало задану системою вентиляцію параметри.

При змінній витраті повітря в системі вентиляції правильний підбір розподільників повітря ще важливіший, оскільки картина повітророзподілення змінюється разом з витратою повітря.

Повітророзподілення ґрунтується на закономірностях розвитку припливних струменів, на порядку розрахунку повітророзподілення з врахуванням призначення і об'ємно-планувального вирішення будівлі, на засобах подачі і конструкції розподільників повітря, взаємодії повітряних потоків.

Є сучасні програми для розрахунку повітророзподілення, наприклад, розроблена компанією Свегон (Swegon).

#### **Контрольні питання**

1. Дайте визначення поняттю повітророзподілення?
2. Навидить приклади повітророзподільників?
3. Поясніть на чому ґрунтується повітророзподілення повітря у приміщенню?
4. Які існують програми для розрахунку повітророзподілення?

## **Практичне заняття № 11**

### **Застосування професійних програм з систем опалення та вентиляції на ПЕОМ**

Мета заняття – ознайомлення студентів з сучасними програмами з розрахунку систем вентиляції та повітряного опалення.

Для підбору обладнання систем вентиляції (вентилятор, фільтр, припливно-витяжна камера) існують програми фірм-виконавців, наприклад,

програма Systemair CAD, Systemair SP 2.1.022, WinClim I, WinClim II, Haier та др. з якими можна ознайомитися через Інтернет ресурси

Програми Vent-calc, Теплоов, KALOR, STOL, VIBROS, Proclim, програмний пакет «Ерпак (Airpak)» створені для розрахунку і проектування систем вентиляції.

## **Практичне заняття № 12**

### **Конструктивне виконання вентиляційних систем. Вимоги до графічного оформлення креслень (робочих проектів) систем опалення й вентиляції**

Мета заняття – ознайомлення студентів з нормативними документами з виконання креслень для робочих проектів, придбати навички з складання специфікації для систем вентиляції.

Робочі креслення опалювання, вентиляції і кондиціонування повітря виконують відповідно до вимог ДСТУ Б А.2.4-41:2009 інших стандартів СПДС.

На схемах систем вентиляції та кондиціонування повітря вказують: повітропроводи, їх діаметри (перетини) і кількість прохідного повітря м<sup>3</sup>/год; відмітки рівня осі круглих і низу прямокутних повітропроводів; устаткування вентиляційних установок, контури технологічного устаткування, що має місцеві відсмоктувачі (у складних системах); лючки для вимірів параметрів повітря і очищення повітропроводів, марки лючків і найменування документа; місцеві відсмоктувачі, їх позначення і назви документів.

Кожній системі привласнюють позначення, що складається з марки і порядкового номера системи в межах марки (наприклад, П1, П2).

Для вбудованих (поставляють комплектно з технологічним устаткуванням) місцевих відсмоктувачів позначення його і документа не вказують; регулюючі пристрої, розподільники повітря, нетипові кріплення (опори) та інші елементи систем з вказівкою на полиці лінії-винесення позначення елемента системи і під полицею — позначення документа. Приклади оформлення схем систем вентиляції наведені на рис. 12.1

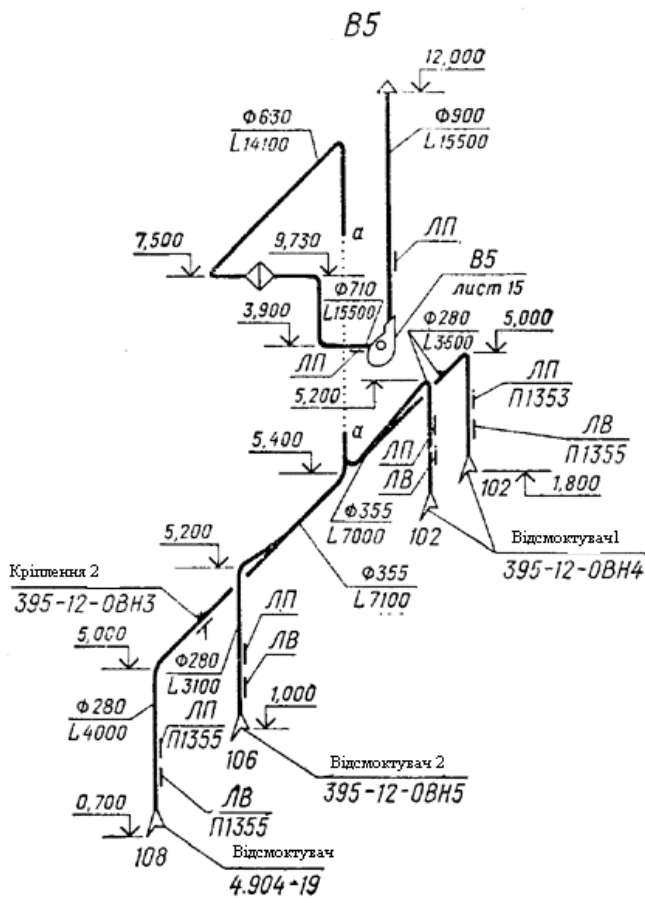
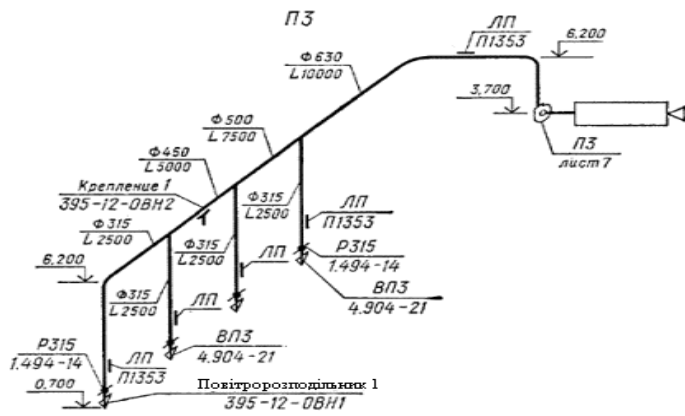


Рис. 12.1 – Приклад оформлення схеми системи вентиляції

Специфікацію установок систем розміщують, як правило, на кресленні планів установок. Оформлення специфікації установок систем виконують згідно з таблицею 12.1.

Таблиця 12.1 – Специфікація

Марка, позначка	Позначка	Найменування	Кількість	Маса, кг	Примітка
П1.1	RP 60-35/31-4D	Канальний радіальний вентилятор			
		Vento RP N=2,464 кВт, n=1384 об/хв,			
		P = 557 Па	1	38,9	Компл.
П1.2		Патрубок 600x350l = 100 мм	1	-	шт.
П1.3	LKS 60-35/230	Заслінка з сервоприводом LM 230	1	-	»
П1.4	VFK 60-35	Фільтр касетний з фільтром-вставкою			
		VF3 60-35	1	-	»
П1.5	DV 60-35	Гнучка вставка	2	-	»
П1.6	VO 60-35/2R	Водяний підігрівач	1	-	»
П1.7	TKU 60-35	Шумоглушник колісний	1		»
П1.8		Коробка зі сталі оцинкованої			
		600 мм Ч 350 мм Ч 1000 мм	2	-	»

Завдання. Скласти специфікацію на системи вентиляції, які представлені на рис. 12.1

### Контрольні питання

1. Поясніть, на виконання робочих креслень систем вентиляції, які вимоги нормативних документів?
2. Поясніть, що вказують на схемах систем вентиляції?
3. Як привласнюють позначення для систем вентиляції?
4. Поясніть, що вказується у специфікації систем вентиляції?

## Практичне заняття № 13

### Основи акустичного розрахунку вентиляційних систем

Мета заняття – ознайомлення студентів з методиками акустичного розрахунку вентиляційних систем та придбання практичних навичок.

Необхідний повітрообмін для приміщення можна отримати при малій частоті обертання великого за діаметром ротора вентилятора або за рахунок збільшення частоти обертання і зменшення лопастей вентилятора. В першому випадку утворюються низькочастотні шуми відносно малого рівня, в другому – високочастотні.

Шумові характеристики джерел шуму (вентиляторів, кондиціонерів, електродвигунів і т.д.) слід брати за паспортними даними на це обладнання або за каталожними даними. При відсутності шумових характеристик їх слід визначити експериментально або користуватись емпіричними формулами.

Загальний рівень шуму вентиляторів можна визначити за формулою, в Дб,

$$L_0 = L + 25 \lg H + 10 \lg Q + \delta, \quad (13.1)$$

де  $L$  – критерій шумності, що залежить від типу і конструкції вентилятора;  $H$  – повний тиск, що утворюється вентилятором, кг/м;  $Q$  – продуктивність вентилятора, м<sup>3</sup>/с;  $\delta=0$ , при роботі вентилятора з максимальним ККД,  $\delta = 2$ дБ, при ККД, що відрізняється від максимального не більше ніж на 20%.

Рівень шуму вентилятора можна визначити за формулою

$$L = L(\psi) + 80 \lg D + 60 \ln n - 83L, \quad (13.2)$$

$L$  – критерій шумності,  $L(\psi)$ ;  $D$  – діаметр лопастей вентилятора, м;  $n$  – частота обертання оборотів вентилятора, об/хв

$$\Psi = 12,4Q / D^3 n, \quad (13.3)$$

де  $Q$  – продуктивність, м<sup>3</sup>/с. При  $\psi=(0,05-0,4)$ ,  $L=(6-8)$  дБ для вентилятора типу «К», при  $\psi=(0,1-0,6)$ , фактор шумності лінійного зростає від 22 до 34 дБ для вентилятора типу «Ц».

Рівень шуму в приміщенні на будь-якій відстані  $R$  від джерела шуму визначають за формулою

$$L = L_0 + 10 \lg \left( \frac{4(1 - \alpha_{сер})}{A} + \frac{1}{\Omega R^2} \right), \quad (13.4)$$

де  $L_0$  – рівень звуку джерела;  $\alpha_{сер}$  – середнє значення коефіцієнта поглинання;  $A$  – фонд поглинання звуку на частоті 500 Гц, який як  $\alpha_{сер}$  беруть з акустичного розрахунку приміщення;  $\Omega$  – коефіцієнт вагова концентрації джерела.

При розрахунку звукової ізоляції систем слід застосувати  $L=L_v$ , дБ;  $R=1m$ ;  $\Sigma =2p$ , якщо вентиляційна решітка встановлюється в площині стін або стелі

$$L_d = L_o - L_k, \quad (13.5)$$

де  $L_o$  – рівень шуму вентилятора;  $L_k$  – згасання рівня шуму в повітропроводі.

Необхідно враховувати, що швидкість повітря в повітропроводах для запобігання від шуму не повинна перевищувати від 3..6 м/с, а біля вихідних решіток 1..1,5 м/с, щоб не утворювалось завихрення повітряного потоку.

Якщо згасання шуму недостатнє, то для зменшення шуму встановлюють акустичні фільтри – глушники.

### **Контрольні питання**

1. Поясніть, як утворюються шуми у системі вентиляції?
2. Поясніть, як визначити загальний шум вентилятора?
3. Поясніть, як визначити рівень шуму у приміщенні?
4. Поясніть, як визначити звукову ізоляцію?
5. Дайте визначення, що таке шумоглушник?

## СПИСОК ДЖЕРЕЛ

1. Гранкіна В.В. Конспект лекцій з дисципліни «Вентиляція» » (для студентів 4 курсу заочної форми навчання напряму 0921 (6.060101) «Будівництво », спеціальності «Теплогазопостачання і вентиляція» та слухачів другої вищої освіти)/ Авт.: Гранкіна В.В.– Харків: ХНАМГ, 2010. – 123 с.
2. Шульга М.О., Юхно І.П. Вентиляція та кондиціонування повітря. Навчальний посібник. Харків, 2004. – 147 с.
3. Теплоснабжение и вентиляция зданий. Н.А. Шульга, А.А. Алексахин, И.Ф. Юхно. Учебное пособие. Харьков, 2002. – 145 с.
4. Зінич П.Л. «Вентиляція громадських будівель», Київ, 2002.-256 с;
5. Богословський В.Н. «Отопление и вентиляция. Учеб. для вузов», Москва, 1976;
6. Талієв В.Н. «Аэродинамика вентиляции», Москва, 1979;
7. Щекін Р.В.«Справочник проектировщика. Внутренние санитарно-технические устройства, ч.2. Вентиляция и кондиционирование воздуха», Київ,1976 -351с;
8. Староверов І.Г. «Справочник строителя. Монтаж внутренних санитарно-технических устройств», Москва, 1984;
9. Староверов І.Г. «Справочник по специальным работам. Монтаж вентиляционных систем», Москва, 1961;
10. Титов В.П. «Курсовое и дипломное проектирование по вентиляции гражданских и промышленных зданий», Москва, 1985;
11. Богословский В.Н. и др. Отопление и вентиляция. Часть II. Вентиляция. М.: Стройиздат. Часть 2. Вентиляция — 439 с.
12. Гримитлин М.И. Распределение воздуха в помещениях. Санкт-Петербург, 1994. — 315 с.
13. Гримитлин А.М., Иванов О.П., Пухкал В.А. Насосы, вентиляторы, компрессор в инженерном оборудовании зданий. Учебное пособие. Санкт-Петербург: «АВОК Северо-Запад», — 2006. — 180 с.
14. Полушкин В.И. Основы аэродинамики воздухораспределения в системах вентиляции и кондиционирования воздуха. Л.: ЛГУ, 1978. -135 с.
15. Расход и распределение приточного воздуха. Пособие 1.91 к СНиП 2.04.05-91 Отопление, вентиляция и кондиционирование. Промстройпроект. М., 1993.



16. Размещение вентиляционного оборудования. Пособие 5.91 к СНиП 2.04.05-91. Отопление, вентиляция и кондиционирование. Промстройпроект. М., 1993.
17. Рекомендации по расчету воздухораспределения в общественных зданиях. ЦНИИЭП инженерного оборудования. М.: Стройиздат, 1988. -96 с.
18. Семенов В.Н. Унификация и стандартизация проектной документации для строительства. Л.: Стройиздат, 1985. — 221 с.
19. Справочник проектировщика. Внутренние санитарно-технические устройства. Часть 3 — Вентиляция и кондиционирование воздуха. Под ред. КИЛетрова, кн. 2. М.: Стройиздат, 1992. — 410 с.
20. Стефанов Е.В. Вентиляция и кондиционирование воздуха. С. Петербург: «АВОК Северо-Запад», 2005 — 399 с.
21. ДБН В.2.5-67:2013. Опалення, вентиляція та кондиціонування.

**Індивідуальні семестрові завдання для самостійної роботи студентів  
(теми рефератів)**

1. Склад і фізичні властивості повітря. I-D діаграма вологого повітря.
2. Санітарно-гігієнічні й фізіологічні основи вентиляції.
3. Тепловий режим приміщень.
4. Надходження вологи в повітря приміщення.
5. Надходження газів і пилу в повітря приміщення.
6. Організація повітрообміну в приміщенні.
7. Класифікація систем вентиляції.
8. Конструктивне виконання вентиляційних систем у житлових і громадських будинках.
9. Очищення припливного повітря від пилу.
10. Нагрівання припливного повітря.
11. Вентиляторні агрегати.
12. Повітророзподільники й обладнання повітровидалення.
13. Регенерація теплоти у вентиляції.
14. Повітропроводи, вентиляційні канали.
15. Аеродинамічний розрахунок вентиляційних систем.
16. Боротьба із шумом і вібрацією у вентиляційних системах.
17. Професійні програми систем опалення й вентиляції на ПОЕМ.
18. Основні елементи автоматики систем вентиляції.
19. Випробування й налагодження систем вентиляції.
20. Вимоги до графічного оформлення креслень (робочих проектів) систем опалення й вентиляції.
21. Шумоглушники в системі вентиляції.
22. Розрахунок фільтрів.
23. Розрахунок калориферу.
24. Припливні установки.
25. Витяжні установки.

## Склад курсового проекту

### Зміст пояснювальної записки

#### Вступ

1. Розрахунок повітрообміну приміщень
2. Розрахунок природного тиску (для природної системи вентиляції)
4. Проектні рішення з системи вентиляції
5. Аеродинамічний розрахунок
6. Підбор обладнання

#### Список використаної літератури

### Оформлення графічної частини курсового проекту

Оформлення на форматі А1. На будівельно-архітектурний план наносять повітропроводи чи канали системи вентиляції, розмір каналів чи повітропроводів, тип чи марку обладнання, позначення систем вентиляції. Приводять аксонометричні схеми систем вентиляції з позначенням розмір каналів чи повітропроводів, довжину повітропроводів чи каналів, тип чи марку обладнання.

*Навчальне видання*

**МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ**

для практичних занять, виконання курсового проекту  
та самостійної роботи

з дисципліни

**ВЕНТИЛЯЦІЯ**

*(для студентів 4 курсу заочної форми навчання напрямку  
6.060101 «Будівництво» та слухачів другої вищої освіти  
спеціальності 7.06010107 «Теплогазопостачання і вентиляція»)*

Укладач **ГРАНКІНА** Вікторія Вікторівна

Відповідальний за випуск *І. І. Капцов*

За авторською редакцією

Комп'ютерний набір *В. В. Гранкіна*

Комп'ютерне верстання *І. В. Волосожарова*

План 2012, поз. 129М

---

Підп. до друку 28.11.2012

Друк на ризографі.

Тираж 50 пр.

Формат 60×84/16

Ум. друк. арк. 2,1

Зам. №

Видавець і виготовлювач:

Харківська національна академія міського господарства,  
вул. Революції, 12, Харків, 61002

Електронна адреса: [rectorat@ksame.kharkov.ua](mailto:rectorat@ksame.kharkov.ua)

Свідоцтво суб'єкта видавничої справи:

ДК № 4064 від 12.05.2011 р.