

Міністерство освіти і науки України
Харківська національна академія міського господарства

Методичні вказівки

до виконання курсового проекту з дисципліни

«Вентиляція і кондиціювання повітря»

*(для студентів 3 курсу усіх форм навчання
напряму підготовки (0921) 6.060101 «Будівництво»)*

Харків ХНАМГ 2007

Методичні вказівки до виконання курсового проекту з дисципліни «Вентиляція і кондиціювання повітря» (для студентів 3 курсу усіх форм навчання напряму підготовки (0921) 6.060101 «Будівництво») / Харк. нац. акад. міськ. госп-ва; уклад.: Д.О. Шушляков. – Х.: ХНАМГ, 2007. – 31 с.

Укладач: Д.О. Шушляков

Рецензент: М.О. Шульга

Рекомендовано кафедрою ТХП,
протокол № 7 від "07" 05 2007 р.

Метою цих методичних вказівок є полегшення роботи студентів при курсовому проектуванні шляхом встановлення оптимальної послідовності прийняття технічних рішень, мотивації цих рішень вимогами нормативно-технічної документації, полегшення пошуків необхідних джерел інформації.

Методичні вказівки визначають зміст проекту, обсяг розрахунково-пояснювальної записки, встановлюють вимоги до оформлення розрахунків систем та окремого обладнання, визначають склад графічної частини роботи.

Послідовність вирішення технічних питань сприяє реалізації однієї з головних цілей проекту – підбору обладнання, що має забезпечити необхідні параметри повітряного середовища у приміщеннях, де здійснюється кондиціонування повітря.

Проектування системи кондиціонування повітря громадських і адміністративно - побутових будинків

До складу курсового проекту входять розрахунково-пояснювальна записка й графічна частина.

Розрахунково-пояснювальна записка

Розрахунково-пояснювальна записка повинна включати наступні розділи:

Вступ

1. Вихідні дані
2. Розрахунок обміну повітря у приміщенні
 - 2.1. Розрахунок надходження тепла й вологи до приміщення в теплий період

- 2.1.1. Розрахунок надходження теплоти через покриття у теплий період
- 2.1.2. Розрахунок надходження теплоти в приміщення через світлові отвори
- 2.1.3. Розрахунок надходження теплоти й вологи до приміщення від людей
- 2.1.4. Таблиця надходжень теплоти й вологи до приміщення
- 2.2. Визначення кутового коефіцієнта процесу для приміщення, що обслуговується у теплий період, вибір робочої різниці температур
- 2.3. Побудова I-d діаграми процесу кондиціювання повітря для теплого періоду, визначення необхідного обміну повітря та попередній вибір типорозміру кондиціонера
3. Визначення тепловологісного балансу приміщення, що обслуговується, для холодного періоду, обчислення кутового коефіцієнта й побудова процесу кондиціювання для холодного періоду на I-d діаграмі
4. Розрахунок аеродинамічного опору системи КП
5. Розрахунок камери зрошення в політропному й адіабатному режимах для теплого й холодного періодів
6. Розрахунок повітрянагрівачів першого й другого підігріву для теплого й холодного періодів
7. Визначення витрат тепла, холоду й води. Аналіз прийнятих технічних рішень і пропозиції щодо економії енергетичних ресурсів
8. Список літературних джерел і нормативно-технічної документації

Обсяг розрахунково-пояснювальної записки до курсового проекту повинен складати 30 – 35 стор. рукописного тексту.

Графічна частина проекту

Графічна частина проекту має включати такі компоненти:

1. План приміщення, в якому розробляється система кондиціонування з позначенням елементів конструкції систем кондиціонування повітря та вентиляції.
2. Фрагмент плану підвалу будівлі, що включає: кондиціонер з підведеними до нього інженерними мережами, витяжні вентиляторні установки, а також інше обладнання систем вентиляції та кондиціонування повітря.
3. Аксонометричну схему повітророзподільної мережі системи кондиціонування повітря з позначенням на ній розрахункових ділянок, зазначенням діаметрів повітроводів, витрат повітря, фасонних частин повітроводів, повітровипускних приладів, а також обладнання, через яке проходить повітря – шахти забору повітря, кондиціонера, вентиляційного агрегату кондиціонера та ін. приладів.
4. Принципову технологічну схему центрального кондиціонера, що визначає типорозмір кондиціонера, склад та послідовність установки технологічних блоків кондиціонера, габарити кондиціонера в цілому та окремих його елементів.
5. Креслення одного з технологічних блоків центрального кондиціонера, визначеного відповідно до індивідуального завдання на проектування.
6. Експлікацію основного обладнання системи вентиляції і кондиціонування повітря.
7. Схему вентиляції і кондиціонування приміщення, що обслуговується.
8. I-d діаграми процесів кондиціонування повітря для теплого і холодного періодів року. Діаграми на аркуші повинні бути подані у вигляді схем без дотримання умов масштабу.

Графічну частину виконують на одному аркуші формату А1.

Вступ

У цьому розділі встановлюється мета проектування системи кондиціонування повітря конкретного об'єкта, дається стисла характеристика географічного пункту об'єкта проектування, район розташування об'єкта в даному географічному пункті, характеристика забудови району, орієнтація проектованої будівлі за сторонами світу та ін.

1. Вихідні дані

Цей розділ формується на основі індивідуального завдання студента. Воно включає:

- найменування та призначення об'єкта, що проектується;
- найменування географічного пункту, в якому розташовано об'єкт, що проектується;
- орієнтацію головного фасаду будівлі за сторонами світу;
- будівельну характеристику будівлі, що проектується (конструкція стін, перекриття, етажність будівлі, її габарити, висота основного приміщення, що кондиціонується, наявність технічного підпілля або підвалу);
- товщини шарів суміщеного покриття приміщень будівлі, що кондиціонується;

Відповідно до одержаного студентом завдання встановлюються: призначення системи кондиціонування повітря, джерела надходження шкідливих речовин у приміщення, що кондиціонується та їх види, джерела й параметри енергопостачання, вибираються (з наступною консультацією у викладача) нормовані параметри внутрішнього повітря і розрахункові параметри зовнішнього повітря для теплого й холодного періодів.

Параметри внутрішнього й зовнішнього повітря, прийняті при проектуванні даного об'єкта, мусять відповідати діючій нормативно-технічній документації (далі за текстом НТД) для прийнятого класу системи кондиціонування повітря. Параметри повітря, прийняті на підставі НТД, а також

параметри повітря, знайдені за I–d діаграмою, оформляють у вигляді таблиць у складі даного розділу курсового проекту.

2. Розрахунок обміну повітря у приміщенні

Необхідний обмін повітря у приміщенні визначається як мінімальний обмін повітря. Це дозволяє забезпечити задані параметри повітря в зоні обслуговування (робочій зоні) приміщення при розрахункових кількості шкідливих речовин та прийнятій максимально допустимій робочій різниці температур припливного й внутрішнього повітря. Визначення величини необхідного обміну повітря є однією з основних цілей проектування системи кондиціонування повітря, а також системи вентиляції. Знаючи цю величину, можна розпочати підбір обладнання, здатного забезпечити потрібний стан повітряного середовища у приміщенні.

Для встановлення обміну повітря заздалегідь треба виконати наступні розрахункові роботи:

- визначення кількості тепла й вологи, що надходять до приміщення у розрахунковий період року,
- вибір робочої різниці температур припливного й внутрішнього повітря у приміщенні, аналіз одержаних результатів і побудова процесу обробки повітря в I–d діаграмі.

2.1. Розрахунок надходження тепла й вологи до приміщення

Як правило, розрахунковим періодом року, за яким визначається необхідний мінімальний обмін повітря, є теплий період року. У загальному випадку в теплий період теплота і волога (або тільки теплота й тільки волога) у приміщення надходять з таких джерел:

- через огорожу приміщень,
- від технологічного обладнання виробничих процесів,
- від людей, які знаходяться у приміщеннях.

У теплий період року теплота може надходити через огорожу приміщень, а в холодний період через цю ж огорожу буде втрачатися теплота.

Відповідно до чинної НТД у теплий період року прийнято враховувати надходження теплоти до приміщення, що обслуговується, через суміщене покриття і світлові отвори. Надходженням теплоти крізь стіни (зовнішні й внутрішні) нехтують, зважаючи на його незначність у порівнянні з іншими джерелами.

При проектуванні систем вентиляції і кондиціонування повітря адміністративно-побутових будівель у більшості випадків відсутні надходження теплоти від технологічного обладнання. Тоді в теплий період року джерелами надходження теплоти й вологи до приміщення будуть:

- суміщене покриття над приміщенням верхнього поверху, що кондиціонується,
- поверхні світлових отворів,
- люди, які знаходяться у приміщенні.

2.1.1. Розрахунок надходження теплоти до приміщення через покриття

Розрахунок проводять з використанням джерел [1,2, 3,4].

Конструкція покриття і товщина його шарів встановлюються індивідуальним завданням на проектування. Відповідно до завдання та [4] визначають термічні коефіцієнти шарів покриття і розраховують термічний опір покриття.

У процесі ознайомлення з методикою [1] та при виконанні розрахунків слід керуватися такими положеннями:

1. У формулі (13) в [1] слід брати величину F рівною сумі площ приміщення, що кондиціонується, які знаходяться під суміщеним покриттям.
2. Там же у формулі (14) коефіцієнти зовнішньої і внутрішньої тепловіддачі α_v та α_n приймаються відповідно до табл. 4 і формули (24) в [4].

3. У формулі (15) в [1] для України з мінімальної похибкою можна брати $I_{cp}=330 \text{ Вт/м}^2$. Тут же приймається коефіцієнт поглинання сонячної радіації матеріалом зовнішньої поверхні покриття $\rho=0,65$ (захисний шар із світлої гальки, [4], поз. 6, додаток 7).
4. У формулах (15), (16) в [1] слід брати відповідно t_n рівним розрахунковій температурі зовнішнього повітря для категорії "А", а A_{ch} розрахункове рівним середній добовій амплітуді температури за додатком 7 [3].

2.1.2. Розрахунок надходження теплоти у приміщення крізь світлові отвори

Розрахунок проводять у згідно з методикою [1], стор. 87. Орієнтація світлових отворів за сторонами світу, розрахункова година доби, загальна площа засклення, а також географічна широта місця розташування об'єкта входять до індивідуального завдання. При виконанні розрахунків по даному розділу рекомендується зважати на:

1. У формулі (1) в [1] не слід враховувати теплоту, що надходить до приміщення за рахунок різниці температур зовнішнього й внутрішнього повітря.
2. У формулах (1, 2, 3) в [1] можна приймати $\beta_{c.v.}=1$; $K_1=K_2=1$;
3. Світлові отвори слід вважати розташованими тільки в одній із стін будівлі, орієнтація якої визначена індивідуальним завданням.
4. Площу світлових отворів розраховують як площу стрічкового засклення висотою $h=3$ м без урахування площі простінків та віконних рам і довжиною, що визначається у відповідності з планом приміщення згідно з індивідуальним завданням.

2.1.3. Розрахунок надходження до приміщення теплоти й вологи від людей

Розрахунок проводять відповідно до норм [6], розділ 2.3. Г (стор. 41).

Кількість теплоти, що надходить до приміщення від однієї людини, треба брати згідно з підрозділом "при легкій праці" залежно від температури приміщення. Проміжні значення надходжень теплоти знаходять інтерполяцією:

$$Q_{nl} = q_n \times n, \quad \text{ккал/год}; \quad (1)$$

$$W_l = w \times n, \quad \text{кг/год}. \quad (2)$$

2.1.4. Визначення сумарних тепло- й вологонадходжень до приміщення, що кондиціонується

Сумарні надходження тепла й вологи до приміщення, що кондиціонується, визначають за розділами 2.1.1., 2.1.2., 2.1.3, і зводять до табл. 1.

Таблиця 1 - Сумарні надходження теплоти й вологи до приміщення

Найменування джерел надходження шкідливих речовин	Явна теплота, $Q_{я}$, ккал/год.	Прихована теплота, $Q_{ск}$, ккал/год.	Повна теплота, $Q_{п}$, ккал/год.	Волога, W , кг/год.
Суміщене покриття	$Q_{яп}$	-	$Q_{пп} = Q_{яп}$	-
Світлові отвори	$Q_{яс}$	-	$Q_{пс} = Q_{яс}$	-
Люди в приміщенні	$Q_{ял}$	$Q_{скл}$	$Q_{пл} = Q_{ял} + Q_{скл}$	W_l
У загальному обліку	$\Sigma Q_{я}$	$\Sigma Q_{ск}$	$\Sigma Q_{п}$	ΣW

**2.2. Визначення кутового коефіцієнта процесу в теплий період
для приміщення, що обслуговується.
Вибір робочої різниці температур**

Кутовий коефіцієнт процесу асиміляції тепловологонадлишків приміщення визначають за формулою

$$\varepsilon = \frac{\sum Q_n}{\sum W}. \quad (3)$$

Дальші розрахунки виконують за допомогою I-d діаграми. На діаграмі відповідно до вихідних даних до проекту завдаються точки "Н" і "В" для теплого періоду року. Через точку "В" проводять промінь процесу асиміляції припливним повітрям тепло- й вологонадлишків у приміщенні, що обслуговується, обчислений за формулою (3). Орієнтацію променя на діаграмі в найпростішому випадку (при наявності кутового масштабу на окантовці I-d діаграми) здійснюють методом паралельного переносу в точку "В" розрахункової величини ε з кутового масштабу. Якщо кутовий масштаб відсутній, напрямком променя, що проходить через точку "В", визначають за допомогою довільної допоміжної точки "З", для якої беруть деяке довільне значення I_c , а відповідне йому значення d_c вираховують із співвідношення

$$\varepsilon = [10^3(I_g - I_c)] / (d_g - d_c).$$

Оскільки у теплий період завданням СКП є асиміляція надлишку теплоти й вологи у приміщенні, температура й вологовміст припливного повітря мають бути нижче, ніж відповідні параметри точки "В" (див. рис. 1). Для процесу асиміляції теплоти й вологи припливним повітрям, в результаті якого встановлюються задані параметри у зоні обслуговування приміщення, справедливі співвідношення

$$\sum Q_n = (I_g - I_n) m_g, \quad (4)$$

$$\sum W = (d_g - d_n) m_g. \quad (5)$$

З (4) виходить, що при постійних значеннях $Q_{п}$ й $I_{в}$ необхідна кількість припливного повітря, що подається $m_{в}$, буде тим менше, чим нижче величина $I_{п}$. Менша кількість припливного повітря вигідна, оскільки при цьому зменшуються капітальні й експлуатаційні затрати на систему кондиювання. Мінімальну кількість припливного повітря одержимо, якщо точку, що характеризує параметри припливного повітря, взяти на перетину променя процесу $\epsilon_{п}$ й $\phi=95\%$. (Якщо при такому промені перетин можливий. Якщо ні, тоді розрахунком визначаємо мінімальні досяжні параметри повітря після повітроохолоджувача на $\phi=95\%$ і через отриману точку проводимо лінію постійного вологовмісту до перетину із променем процесу $\epsilon_{п}$). Однак, подача до приміщення, що обслуговується, припливного повітря з мінімальними параметрами за ентальпєю і температурою у більшості випадків неможлива, оскільки при цьому для елімінації дискомфортних станів людей, які знаходяться у зоні обслуговування, буде потрібним здійснення спеціальних заходів, спрямованих на підвищення температури припливного повітря.

У курсовому проекті рекомендується приймати більш просте рішення, хоч воно і менш вигідне економічно. Це рішення полягає в обмеженні так званої «робочої різниці температур» $\Delta t_{р}$, яку, залежно від висоти приміщення, пропонується брати в межах $(2-4)^{\circ}\text{C}$. Висота приміщень при цьому має знаходитися у межах 4-6 м. Для дуже високих приміщень висотою більше 6 м фактором обмеження робочої різниці температур може виявитися неможливість одержання в повітроохолоджувачі такого вологовмісту, що відповідає передбачуваному вологовмісту припливного повітря. Перевірку проводять при теплотехнічному й гідроаеродинамічному розрахунку камери зрошення на мінімально допустиму, за нормами безпечної експлуатації холодильних машин, температуру води й максимальний коефіцієнт зрошення. До проведення цього розрахунку прийнятий об'єм вентиляційного повітря є орієнтовним. У необхідних випадках максимальна робоча різниця температур може бути одержана при використанні у складі цент-

рального кондиціонера поверхневих повітроохолоджувачів, які живляться антифризами, або тих, що є випарниками холодильних машин.

2.3. Побудова I-d діаграми процесу кондиціювання повітря для теплого періоду, визначення необхідного обміну повітря, вибір типорозміру кондиціонера

Графоаналітичний розрахунок процесу кондиціювання для теплого періоду проводять у вказаному нижче порядку й складі операцій:

1. Нанесення точок "Н" і "В" на поле I-d діаграми. При цьому використовують вихідні дані для індивідуального проектування, а також нормативно-технічну документацію, що рекомендувалася (див. § 2.2 і рис. 1).

2. Обчислення кутового коефіцієнта процесу для теплого періоду, його побудова в I-d діаграмі (див. § 2.2).

3. Вибір робочої різниці температур Δt_p (см § 2.2).

4. Визначення в I-d діаграмі положення точки Π_p , що характеризує розрахункові (заздалегідь певні) параметри припливного повітря. Положення точки Π_p визначають на перетині ізотерми $t_{\Pi p}$ з променем процесу ϵ_{Π} . При цьому $t_{\Pi p} = t_B - \Delta t_p$.

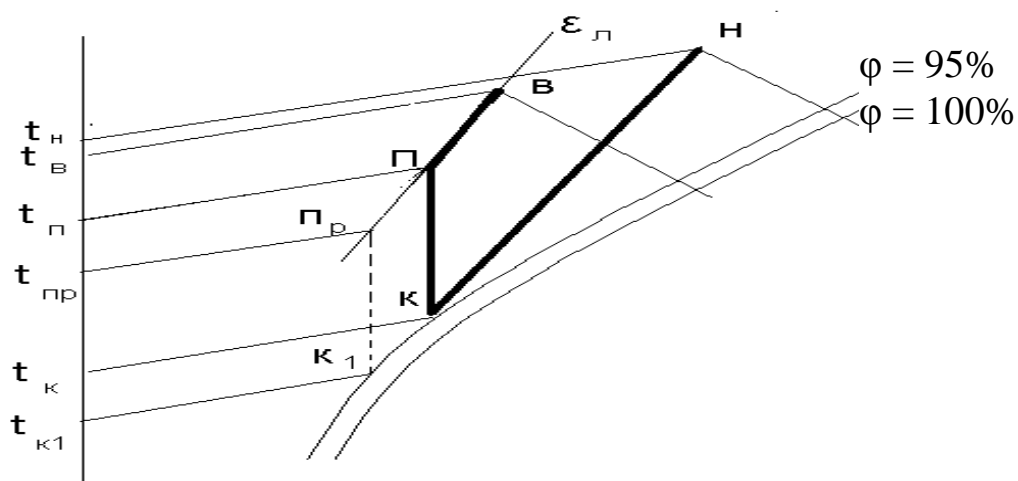


Рис. 1 - I-d діаграма процесу тепловологісної обробки повітря в теплий період

5. Необхідну кількість припливного повітря m_v визначають за рівнянням (4). Розраховують необхідну об'ємну витрату припливного повітря:

$$L_p = m_v / 1,2. \quad \text{м}^3/\text{год.}$$

6. Для необхідної величини об'ємної продуктивності з типорозмірного ряду центральних кондиціонерів [5] вибирають кондиціонер, продуктивність якого за повітрям найближча (у сторону збільшення) до необхідної. За номінальною об'ємною витратою вибраного кондиціонера розраховують дійсну масову продуктивність $m_{вд}$.

7. Визначають фактичний перепад ентальпій $I_v - I_{пф}$ за виразом (3) для обчисленого значення $m_{вд}$. Завдяки цьому встановлюють $I_{пф}$ (див. схему I-d діаграми на рис. 1).

8. Визначають температурні режими роботи обладнання центрального кондиціонера в теплий період. Для цього з точки $П_{ф}$ проводять лінію постійного волого вмісту $d_{пф}$ до перетину з кривою відносної вологості $\phi=95\%$. Знайдену точку "К" з'єднують з точкою "Н", що характеризує розрахункові параметри зовнішнього повітря для теплого періоду.

Відрізок "НК" відображає в I-d діаграмі політропний процес охолодження і осушення повітря в камері зрошення; відрізок "КП" - процес підігрівання повітря у повітронагрівачі другого підігріву.

Точки "Н", "К", "П" визначають початкові й кінцеві параметри повітря при його послідовній обробці в камері зрошення та повітронагрівачі другого підігріву в теплий період.

Відрізок "ПВ" відображає в I-d діаграмі процес асиміляції теплоти й вологи, що виділяються в приміщенні, яке обслуговується.

3. Визначення тепловологісного балансу приміщення, що обслуговується, для холодного періоду року, обчислення кутового коефіцієнта й побудова процесу кондиціонування для холодного періоду в I-d діаграмі

Розглянемо насамперед баланс приміщення за явною теплотою. У холодний період до приміщення надходить теплота від людей і системи чергового опалення, а витрачається теплота на тепловтрати будівлі:

$$Q_{\text{яв}} = Q_{\text{ял}} + Q_{\text{до}} - Q_{\text{тп}} \cdot \quad (6)$$

Складова зі знаком "-" принципово змінює ситуацію у порівнянні з теплим періодом.

а) $Q_{\text{яв}} > 0$ і це означає, що в приміщенні є надлишок теплоти. Цей випадок аналогічний розглянутому для теплого періоду і не викличе ускладнень.

б) $Q_{\text{яв}} < 0$, що більш певно для розглядуваного холодного періоду. При цьому система кондиціонування повітря повинна заповнити брак теплоти в приміщенні за рахунок подачі повітря більш високої температури, ніж температура приміщення. СКП тут працює в режимі повітряного опалення.

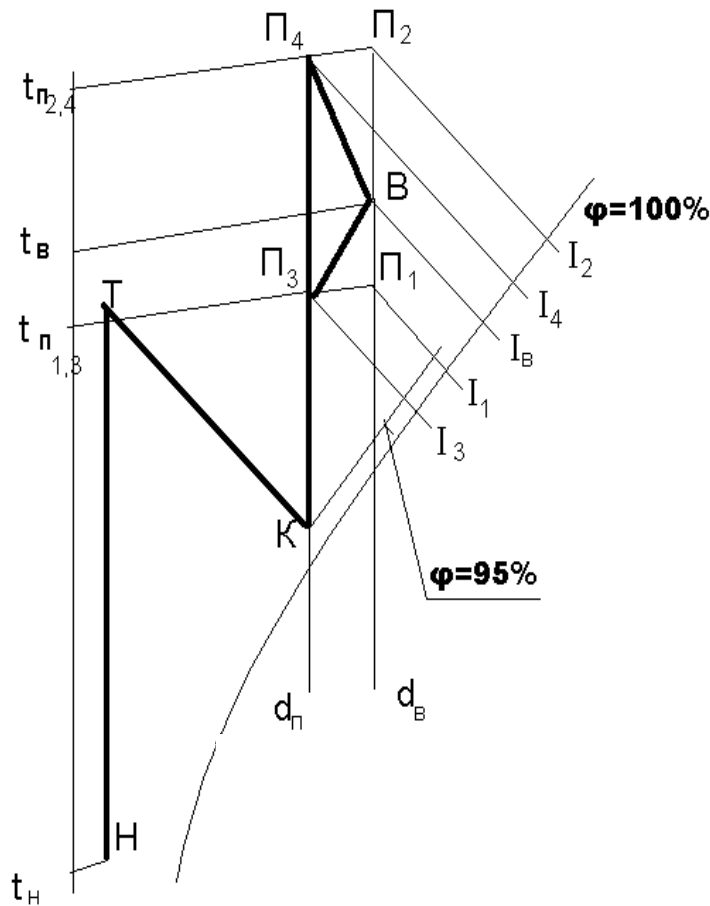


Рис. 2 - I-d діаграма процесу тепловологісної обробки повітря в холодний період

Оскільки розглядається надходження до приміщення тільки явної теплоти, надходження до приміщення вологи приймають рівним 0. Тоді $d_n=d_b$ і для випадків а), б) параметри припливного повітря визначаються точками Π_1 й Π_2 (рис. 2). У реальних умовах приміщення з більшою кількістю людей мають чималі надходження прихованої теплоти, величина яких мало змінюється залежно від пори року. Прихована теплота збільшує кількість вологи в повітрі приміщення і не впливає на температуру повітряпарової суміші. Ці вологонадходження повинні бути асимільовані припливним повітрям, для чого необхідно мати $d_n < d_b$. На рис. 2 параметри припливного повітря при виділенні в приміщенні прихованої теплоти, а також надлишку або дефіциту явної теплоти позначено точками Π_3 і Π_4 , що зна-

ходяться на ізотермах точок П₁ і П₂, бо кількості явної теплоти взяті однаковими.

При побудові процесів асиміляції тепловологонадлишків у приміщенні для холодного періоду можливі наступні поодинокі випадки:

1. Відрізок ПВ розміщений на ізотермі, тобто температури повітря в точках "П" і "В" рівні між собою. Як відомо з курсу вентиляції, при цьому кутовий коефіцієнт процесу $\epsilon=640$ ккал/кг.

Одержаний результат свідчить, що кількість явного тепла, що надходить до приміщення і що втрачається ним, природним чином балансується без участі системи кондиціювання повітря. Остання тут вирішує тільки задачу асиміляції вологонадлишків:

$$Q_{\text{п}}=Q_{\text{ск.}}$$

Процес показано в I-d діаграмі на рис. 3.

2. Відрізок ПВ, розміщений на ізоентальпії, що означає рівність ентальпій в точках П₂ і В. Повна теплота в цих точках залишилася незмінною, хоч температури й вологовміст повітря у них різні. За визначенням для такого процесу $\epsilon=0$ (див. рис. 3).

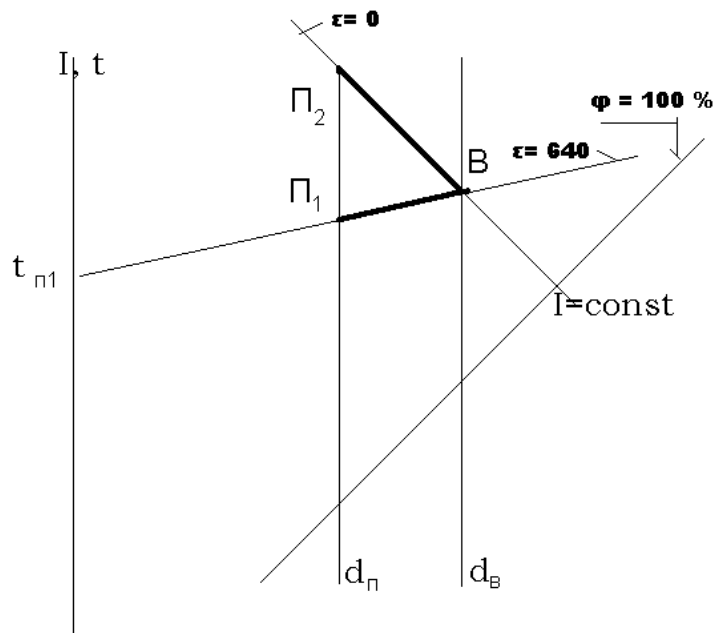


Рис. 3 - Деякі випадки тепловологісного балансу для приміщень у холодний період

Отриманий результат свідчить про те, що при розрахунку тепловологонадходжень у приміщенні випадково отримано збіг кількості явного й прихованого тепла, причому явна теплота приміщенням втрачається (тепловтрати), а прихована - надходить до приміщення від людей, які там знаходяться.

Розрахунок надходжень тепла й вологи до приміщення від людей, як і для теплого періоду, слід проводити у відповідності з вказівками [6] для нормованих при холодному періоді параметрів температури й відносної вологості внутрішнього повітря приміщення.

Величину тепловтрат будівлі можна визначати за укрупненим параметром з використанням питомої теплової характеристики будівлі, наведеної у [7], стор. 117 і в додатку 2 цього джерела:

$$Q_{mn} = q_{yd} \times K \times V_n \times (t_g - t_n), \text{ ккал/год.} \quad (7)$$

Кількість теплоти, що надходить до приміщення, яке обслуговується від чергового опалення, розраховують за залежністю (6) з підстановкою замість t_b розрахункової температури чергового опалення $t_{до}=5^{\circ}\text{C}$.

Для кінотеатрів q_{yd} рекомендується приймати: $q_{yd}=40 \text{ ккал}/(\text{м}^3 \text{ год. } ^{\circ}\text{C})$

Повна кількість теплоти, що надходить до приміщення, яке кондиціонується і втрачається ним, слід визначати за формулою

$$Q_{пз} = Q_{до} + Q_{пл} - Q_{mn}, \text{ ккал/год.} \quad (8)$$

Кутовий коефіцієнт процесу асиміляції тепловологонадлишків приміщення встановлюють аналогічно методиці, застосованої для теплого періоду.

Принциповою відзнакою методики розрахунку системи кондиціонування повітря для холодного періоду є врахування тієї обставини, що вибір типорозміру кондиціонера та його продуктивності за повітрям був вже раніше виконаний для розрахункового теплого періоду. Робота СКП у холодний період забезпечується вже підібраним устаткуванням з відомою

величиною m_B . Звідси випливає, що в розрахунковій залежності (3) є лише одне невідоме - ентальпія припливного повітря I_{Π} .

Побудова процесу обробки повітря в холодний період і визначення параметрів роботи основного тепломасообмінного обладнання кондиціонера рекомендується виконувати в наступних складі й послідовності операцій:

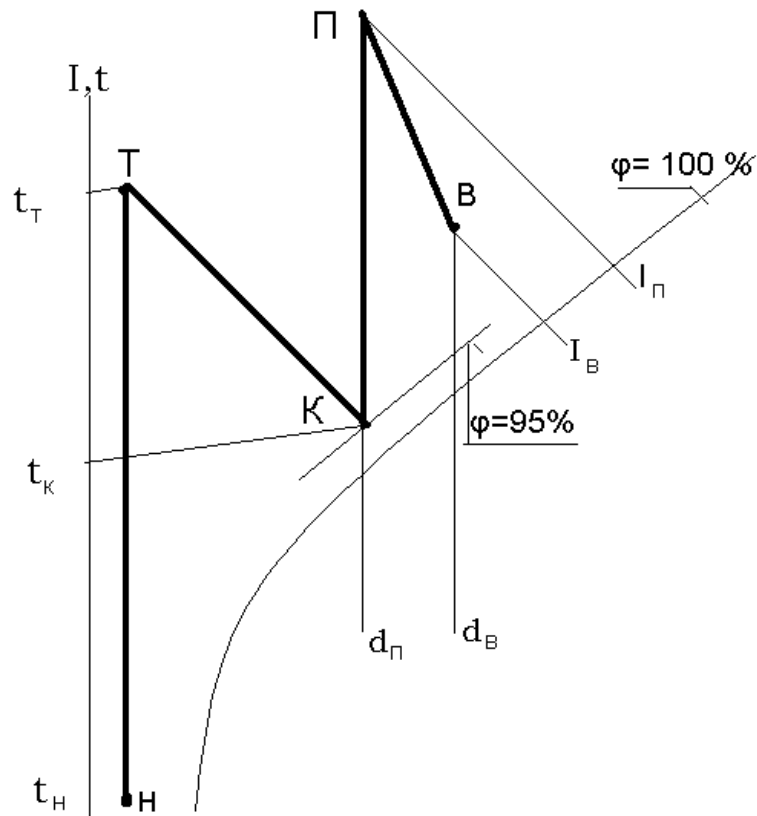


Рис. 4 - I-d діаграма процесу кондиціонування повітря у холодний період при компенсації тепловтрат і асиміляції вологонадходжень у приміщення

1. Задати на полі I-d діаграми точки "H" й "B" для холодного періоду.

2. За певним значенням тепловологонадходжень до приміщення і з урахуванням рекомендацій цього розділу обчислити величину ϵ_3 , задати промінь процесу на I-d діаграмі, провівши його через точку "B".

3. Визначити вологовміст припливного повітря за виразом

$$d_n = d_e - 10^3 W(m_e)^{-1}, \quad \text{г/кг сух. пов.} \quad (9)$$

4. Провести лінію постійного вологовмісту d_n до перетину з променем процесу ϵ_3 . Точка перетину визначає параметри припливного повітря і позначається П.

5. Початковий стан повітря, що надходить на повітронагрівач другого підігріву, визначається як точка перетину лінії постійного вологовмісту d_n з кривою відносної вологості $\phi=95\%$ - точка К. Слід мати на увазі, що температура точки К не повинна бути менше 5^0C . Якщо це положення не виконується, треба зменшити величину відносної вологості, з якою перетинається d_n .

6. Через точку Н проводимо лінію постійного вологовмісту d_n , а через точку К - ізоентальпу до перетину з $d_n=\text{const}$. Точка перетину Т визначає кінцеві параметри повітря після повітронагрівача першого підігріву.

7. Початкові й кінцеві параметри повітря на технологічних блоках кондиціонера визначають за результатами побудови процесу в I-d діаграмі (див. рис. 4):

"НТ" - процес сухого нагріву зовнішнього повітря у повітронагрівачі першого підігріву;

"ТК" - процес адіабатного (ізоентальпійного) охолодження і зволоження повітря у камері зрошення;

"КП" - процес сухого нагріву повітря у повітронагрівачі другого підігріву;

"ПВ" – процес модифікації стану припливного повітря при асиміляції тепловиділення (тепловитрат), а також надлишку вологи у приміщенні.

На основі проведених побудов на I-d діаграмі можна підібрати необхідну потужність основних технологічних блоків центрального кондиціонера і визначити параметри їх роботи.

4. Розрахунок аеродинамічного опору системи КП

Перед аеродинамічним розрахунком системи треба виконати наступну роботу:

- визначити обмін повітря у приміщеннях, що кондиціонуються;
- задати траси повітроводів на план приміщення;
- визначити місце установки вентиляційного устаткування;
- скласти аксонометричну схему повітряного тракту СКП.

Величина необхідного обміну повітря знайдена відповідно до розділів 2, 3 цих вказівок.

Трасування повітроводів та аксонометричну схему системи повітроподілу у загальному випадку визначають на основі аналізу будівельної частини споруди й вибору схеми розподілу припливного повітря з урахуванням рекомендацій розділу 8 [6]. У курсовому проекті аксонометрична схема повітроводів і трасування мережі визначаються індивідуальним завданням.

Метою розрахунку є встановлення втрат тиску в мережі при заданих величині швидкості повітря у повітропроводах (табл. 12.15 розділу 15 в [6]), відомому з розрахунку обміну повітря, загальній витраті повітря, відомому числі повітровипускних отворів (для простоти розрахунків вважають, що витрати повітря через повітровипускні отвори рівні між собою і визначені за величиною як частка від ділення загальної витрати повітря на число повітровипускних отворів). Згідно з цими умовами підбирають діаметр повітропроводів.

Розрахунок проводять згідно з методикою, викладеної на стор. 246-282 в [6].

Доцільно дотримуватися такого порядку розрахунку:

1. Визначають магістральний напрямок – найбільш навантажене за витратою повітря направлення до найбільш віддаленої ділянки. Магістраль розбивають на ділянки, межами останніх є

трійники (для останньої ділянки одна з меж повітровипускного отвору).

2. Ділянки нумерують, починаючи з найбільш віддаленої, вказують для кожної ділянки номер, навантаження і діаметр повітропроводу. Навантаження на ділянку - це сумарна витрата повітря, що надходить через цю на наступні за ходом повітря ділянки. Приклад розбивки мережі на розрахункові ділянки й позначення цих ділянок наведені на рис. 12.4, стор. 274 в [6].
3. Формують розрахункову таблицю мережі повітроводів відповідно до прикладу – табл. 12.57, стор. 274 в [6].
4. Формують допоміжну розрахункову таблицю місцевих опорів за ділянками відповідно до прикладу (табл. 2).

Таблиця 2 - Місцеві опори на розрахункових ділянках мережі

№ ділянок	Найменування місцевого опору	Значення місцевого опору	№ таблиці джерела	Параметри
1	2	3	4	5

Характер місцевого опору, його величину й параметри визначають з табл. 12.18 – 12.49 в [6]. Склад місцевих опорів по кожній з ділянок повинен відповідати аксонометричній схемі. Місцеві опори на межах ділянок (трійники) відносяться до ділянки з меншою витратою. Параметри опорів обираються з таблиць.

Кінцева мета розрахунку – підбір вентилятора на отриману розрахунком подачу повітря L , м³/ч, і втрати тиску в мережі P , кгс/м².

Тиск, що розвивається вентилятором, витрачається на:

лінійні й місцеві втрати тиску в повітророзподільній мережі;

- подолання опору кондиціонера;

- подолання опору припливної (повітрязабірної) шахти й повітрово-
да, що з'єднує припливну шахту й кондиціонер.

Опір повітродозподільної мережі й траси перед кондиціонером визнача-
ються розрахунком за [6], а втрати тиску повітряного потоку в проточній
частині центрального кондиціонера - за табл. 3.

Знайдена величина втрат тиску і відома витрата повітря дозволяють
встановити мінімальну необхідну потужність привода вентилятора.

Останню розраховують за формулою:

а) у системі МКГСС:

$$N = \frac{P \times L}{3600 \times 1000 \times \eta_s \times \eta_n}, \text{ кВт.} \quad (10)$$

Тут P вимірюється у кгс/м²;

б) у системі СІ:

$$N = \frac{P \times L}{3600 \times 102 \times \eta_s \times \eta_n}, \text{ кВт.} \quad (11)$$

Тут P вимірюється у Па.

Таблиця 3 - Аеродинамічний опір технологічних блоків центрально-
го кондиціонера

№ п/п	Найменування технологічних блоків	Аероди- намічний опір, кгс/м ²	№ п/п	Найменування технологічних блоків	Аероди- намічний опір, кгс/м ²
1	Приймальний блок, прямоплив- ний або рецирку- ляційний	7.0	6	Камера зрошення типу ОКС	10.0
			7	Типу ОКФ	12.0
2	Фільтр повітряний сухий, max min	30.0	8	Секція перехідна до вентилятора	6.0
3		7.0			
4	Повітрянагрі-вач однорядний, Те ж дворядний	3.4	9	Нагнітальний па- трубок вентиля- тора при 0 ⁰	5.0
5		6.1			

5. Розрахунок камери зрошення у політропному

й адиабатному режимам для теплого й холодного періодів

Відповідно до проведених у розділах 2, 3 розрахунків визначено технологічні завдання камери зрошення в забезпеченні політропного режимі охолодження й осушення повітря для теплого періоду (промінь «НК» на рис. 1) і при забезпеченні адиабатного процесу зволоження і охолодження повітря для холодного періоду (промінь «ТК» на рис. 4).

Положення в I-d діаграмі початкових точок процесів обробки повітря "Н" і "Т" визначає параметри входу повітря до камери зрошення, а положення точки "К" в обох випадках характеризує ті параметри повітря, з якими воно повинно залишати апарат. Кількість повітря, що обробляється, постійне для всіх технологічних блоків і складає m_v кг/год.

Завданням розрахунку камери зрошення у політропному режимі є визначення температури, витрати й тиску води, при яких будуть досягнуті такі кінцеві параметри повітря, що характеризуються точкою "К".

Завданням розрахунку камери зрошення в ізоентальпійному режимі є визначення витрати й тиску води, бо в цьому режимі температура води, що рециркулює з піддону, і води, що розпорошується в камері, встановлюється постійної, близької до температури мокрого термометра.

Для вказаних цілей можуть бути використані дві модифікації камери зрошення - ОКС й ОКФ.

Камерами ОКФ комплектуються кондиціонери усіх типорозмірів, камерами ОКС – кондиціонери КТЦ-31, 5; КТЦ-40; КТЦ-63; КТЦ-80.

Розрахунок камер зрошення рекомендується проводити з використанням методики, викладеної на стор. 97 у [8]. Теоретичні основи розрахунку наведено в розділі 4 на стор. 97, послідовність розрахунку може бути запозичена з прикладу 5.3 у [8]. Цей приклад можемо використати з простою підстановкою параметрів з індивідуального завдання. При цьому необхідно тільки врахувати такі обставини:

1. Немає потреби вести паралельно два розрахунки камер зрошення – ОКФ й ОКС. Достатньо розрахувати одну з них, керуючись наведеними вище даними з комплектації кондиціонерів.
2. Зв'язок коефіцієнта ефективності даного процесу з гідравлічними й температурними параметрами холодоносія, що повинні забезпечити глибину, яка вимагається тепловологісною обробкою повітря, встановлюється графіком 5.5 стор. 98 у [8].
3. Стосовно до політропного процесу обробки повітря слід скористатися кривою №3 для камери ОКС і кривою №5 для камери ОКФ.
4. Мінімальна температура води, що може бути одержана від холодильної станції, у звичайному випадку складає 5°C. Оскільки розрахунковий режим характеризується параметрами зовнішнього повітря, близькими до екстремальних, не слід в цьому режимі проводити домішування відпрацьованої води до води, що подається на камеру зрошення. Це знижує ефективність системи кондиціонування. Якщо вимоги до точності регулювання параметрів у приміщеннях, що обслуговуються, не дуже жорсткі (це справедливо при комфортному кондиціонуванні), більш економічно обійтися без домішування води, одержуючи воду такої температури, що вимагається безпосередньо від випарників холодильної станції.
5. Технічні характеристики й схеми модифікацій камер зрошення наведені на стор. 66–86 в [5]. Як виняток може бути використана відповідна інформація з [8], стор. 92-93.
6. Видаткові характеристики форсунок, застосовуваних у камерах зрошення ОКФ й ОКС, виражаються залежностями:
для форсунок "ЭШФ" 7/10, комплектуючих камеру ОКФ

$$q_{\phi} = 118,2(Z \times P_{\phi})^{0,454}, \text{ кг/год.} \quad (12)$$

для форсунок УЦ 10/15, комплектуючих камеру ОКС

$$q_{\phi} = 412(ZP_{\phi})^{0,466}, \text{ кг/ГОД.} \quad (13)$$

Для системи СІ: $Z=1$; P_{ϕ} вимірюється у кПа.

Для системи МКГСС $Z=98,1$; P_{ϕ} вимірюється у кгс/см².

P_{ϕ} - перепад тиску на форсунці.

Розрахунок камери зрошення у політропному режимі при досягненні кінцевих параметрів повітря, що вимагаються, у точці К підтверджує правильність вибору робочої різниці температур й побудови процесу в I-d діаграмі. У випадку, якщо ці параметри не досягаються при мінімально допустимій початковій температурі холодної води, треба зменшити робочу різницю температур за рахунок підвищення параметрів точки П, і, отже, збільшити обсяг вентиляційного повітря, взявши кондиціонер більшої продуктивності.

Розрахунок камери зрошення в ізоентальпійному режимі у холодний період не викликає утруднень і може бути виконаний з використанням прикладу 5.4 у [8], стор. 99. При цьому на рис. 5.5 слід користуватися кривою №2 для камери типу ОКС і кривою №4 для камери ОКФ.

6. Розрахунок повітрянагрівачів першого і другого підігріву для теплого й холодного періодів

Розрахунок повітрянагрівачів проводять з використанням раніше отриманих даних про кількість повітря, що нагрівається, а також початкові й кінцеві температури повітря, що визначаються за допомогою проведених побудов в I-d діаграмах для теплого й холодного періодів для першого і другого підігріву.

Для розрахунку рекомендується використовувати методику [8], стор. 167, а також технічні й конструктивні характеристики теплообмінних апаратів, наведені у цьому ж джерелі на стор. 158 – 167.

При розрахунку слід використати приклад 7.1 на стор. 167-168 [8]. Підставляючи власні параметри до розрахункових формул, треба використовувати формули, наведені на стор. 165, бо в прикладі розрахунку є помилки.

Розрахунок необхідно вести для одного компоновання повітрянагрівача з однорядних теплообмінників. При правильно проведених обчисленнях для повітрянагрівача першого підігріву, що працює в холодний період року, виявляються достатніми два-трирядні поверхні нагріву, для повітрянагрівачу другого підігріву як у теплий, так і у холодний період з надлишком достатньо однорядного теплообмінника.

7. Визначення витрат тепла, холоду й води.

Аналіз прийнятих технічних рішень та пропозиції з економії енергоресурсів

За результатами проведених розрахунків визначають годинні витрати тепла, холоду й води. Слід пам'ятати, що розрахунки СКП проводять стосовно до екстремальних тепловологісних параметрів зовнішнього повітря для теплого й холодного періодів року, тому для цих умов витрати тепла, холоду й води матимуть значення, близьке до максимального. Отже, не можна переходити до розрахунку річного споживання ресурсів шляхом множення наявних максимальних витрат на тривалість терміну споживання. Для розрахунку річного споживання ресурсів існують спеціальні методики (див., наприклад, розділ 7, стор. 178 в [6]). У курсовому проекті треба розрахувати лише годинні витрати ресурсів.

Максимальну годинну витрату теплоти на підігрів повітря у повітрянагрівачах першого й другого підігріву в холодний період року визначають з використанням даних розділів 2, 3 за формулою

$$Q_m = m_e [(I_m - I_n) + (I_n - I_k)], \text{ ккал/год.} \quad (14)$$

Максимальну годинну витрату холоду на охолодження зовнішнього повітря в камері зрошення центрального кондиціонера в теплий період при розрахункових параметрах зовнішнього повітря для СКП другого класу встановлюють за формулою

$$Q_x = m_e (I_n - I_k), \text{ ккал/год.} \quad (15)$$

Теоретичну витрату води, необхідну для заповнення втрат води при зволоженні повітря, що обробляється, після першого підігріву в холодний період, знаходять за формулою

$$W_m = m_e (d_m - d_k) \times 103, \text{ кг/год.} \quad (16)$$

Слід мати на увазі, що тільки теоретично підраховані витрати води на випаровування не забезпечать дієздатність установки. Справа в тому, що до повітря випарюється лише чиста волога без солі, а в підживлювальній воді є деяка кількість розчинених мінеральних речовин - солі, концентрація яких збільшуватиметься при роботі установки. Надлишкова мінералізація циркуляційної води викличе покриття усіх внутрішніх поверхонь камери зрошення, в тому числі форсунок, шаром солі, що, в кінцевому підсумку, порушить дієздатність кондиціонера. Тому на практиці кількість підживлювальної води залежно від її вихідної мінералізації збільшують у два-три рази порівняно з кількістю води, що випаровується. Надлишкова вода зливається до переливного пристрою, а з нього видаляється і надлишкова сіль.

Тоді фактична витрата води у розрахунковому режимі холодного періоду складе

$$W_\phi = (2 \div 3) W_m, \text{ кг/год.} \quad (17)$$

Одержані витрати ресурсів є максимальними не тільки з тих позицій, що вони розраховані на достатньо жорсткі параметри зовнішнього повітря, але й тому, що схемою системи кондиціонування не передбачені економічні технічні рішення.

Дійсно, у проекті розглянута тільки прямопливна технологічна схема обробки повітря. Вона гранично проста в реалізації, але її застосування викликає надлишкове споживанням ресурсів. Разом з тим можна було застосувати рециркуляцію повітря у теплий і холодний періоди року, розробити варіанти рішень системи кондиціонування, що передбачають максимальне збільшення робочої різниці температур. Нарешті, застосувати систему кондиціонування в комплексі із системою утилізації теплоти повітря, що видаляється в холодний період.

Ці, а також інші технічні рішення, спрямовані на економію тепла, холоду й води, повинні бути самостійно проаналізовані й запропоновані студентом як варіант рішення системи кондиціонування запроектованого ним об'єкта. Детальне опрацювання такого рішення не потрібне, цілком достатнім буде викладення концепції, технічної ідеї із відображенням її в I-d діаграмі і зазначенням статей економії ресурсів.

Допомога у вирішенні викладеної задачі може бути отримана з лекцій та матеріалів гл. 13 у [8].

Список літератури

1. СНиП II-33-75*. Нормы проектирования. Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха. - М. 1982, С. 93.
2. СНиП 2.01.01.-82. Строительная климатология и геофизика. - М. 1982, С. 131.
3. СНиП 2.04.05-91*У Отопление, вентиляция и кондиционирование. – К. 1994.
4. СНиП II-3-79**. Нормы проектирования. Строительная теплотехника. - М. 1986.
5. Руководящий материал по центральным кондиционерам КТЦЗ. Ч. 1. - Харьков, - 1987.
6. Справочник проектировщика. Вентиляция и кондиционирование воздуха Под общ. ред. И.Г. Староверова. - М.: Стройиздат. 1978.
7. Тихомиров К.В., Сергиенко Э.С. Теплотехника, теплогазоснабжение и вентиляция. - М.: Стройиздат, 1991.
8. Баркалов Б.В., Карпис Е.Е. Кондиционирование воздуха в промышленных, общественных и жилых зданиях. - М.: Стройиздат, 1982.

Умовні позначення

$\Sigma Q_{\text{п}}$ – повна теплота, що надходить до приміщення в теплий період, ккал/год.;

$\Sigma Q_{\text{пз}}$ – повна теплота, що надходить до приміщення в холодний період, ккал/год.;

$Q_{\text{пл}}$ – повна теплота, що надходить до приміщення від людей, ккал/год.;

$Q_{\text{я}}$ – явна теплота, що надходить до приміщення, ккал/год.;

$Q_{ск}$ – прихована теплота, що надходить до приміщення, ккал/год.;

$Q_{до}$ – явна теплота, що надходить до приміщення від чергового опалення, ккал/год.;

$Q_{тп}$ – явна теплота, що втрачається приміщенням крізь огороди в холодний період, ккал/год.;

ΣW – волога, що надходить до приміщення, кг/год.;

q - повна теплота, що надходить до приміщення від однієї людини, ккал/год.;

w - кількість вологи, що надходить до приміщення від однієї людини, кг/год.;

η_v – ККД вентилятора;

$\eta_{п}$ – ККД передачі;

m_v - кількість повітря, що подається до приміщення, кг/год.;

L – подача повітря вентилятором, м³/год.;

d - вологовміст повітря, г/кг сухого повітря;

P - повний тиск вентилятора, кгс/м², (Па);

ϕ - відносна вологість повітря, %;

V - параметри повітря у приміщенні;

H - параметри зовнішнього повітря;

Π - параметри припливного повітря;

K - параметри повітря після камери зрошення;

T - параметри повітря після повітрянагрівача першого підігріву;

K_v – коефіцієнт, що враховує, яку частину об'єму будівлі обслуговує СКП;

V_n – об'єм будівлі за зовнішніми розмірами, м³;

$q_{уд}$ – питома термічна характеристика будівлі, ккал/(м³год⁰С).

Навчальне видання

Методичні вказівки до курсового проекту з дисципліни **«Вентиляція і кондиціонування повітря»** (для студентів 3 курсу усіх форм навчання на-пряму підготовки (0921) 6.060101 «Будівництво»).

Укладач: Шушляков Дмитро Олександрович

Відповідальний за випуск І.Л. Деркач

Редактор М.З. Аляб'єв

План 2007, поз. 50 М

Підп. до друку 03.07.2007	Формат 60×84 $\frac{1}{16}$.
Друк на ризографі.	Ум. друк. арк. 1,3
Тираж 50 пр.	Зам. №

Видавець і виготовлювач:
Харківська національна академія міського господарства
вул. Революції, 12, Харків, 61002
Електронна адреса: rectorat@ksame.kharkov.ua
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи:
ДК № 731 від 19.12.2001