

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙ

ІВАНІЧЕНКО Є.В.

КОНСПЕКТ ЛЕКЦІЙ

з дисципліни

«Проектування інженерної інфраструктури центрів обробки даних»

для здобувачів вищої освіти першого (бакалаврського) рівня
за спеціальністю 172 – Телекомунікації та радіотехніка

Конспект лекцій призначений для здобувачів 3-4-ого курсу очної за спеціальністю 172–Телекомунікації та радіотехніка. У конспекті розглядаються всі розділи з питань створення систем опалення, охолодження та вентиляції повітря в центрах обробки даних, які вивчаються на протязі семестру і які цілком відповідають робочій програмі. Конспект лекцій містить ілюстраційний матеріал, який допомагає більш досконаліше ознайомитися з системами опалення, вентиляції та кондиціонування повітря, зрозуміти принцип дії окремих складників цих систем.

ЗМІСТ

	Ст.
РОЗДІЛ 1. Теоретичні основи опалювальної техніки	5
1.1 Теплотехнічні основи опалення	5
1.2 Тепловий баланс приміщення	7
1.3 Теплозахисні властивості огорожень	10
Контрольні питання до розділу 1	12
РОЗДІЛ 2. Загальна характеристика систем опалення	13
2.1 Класифікація систем опалення	13
2.2 Вимоги, що пред'являються до систем опалення	13
2.3 Теплоносії для опалення	14
Контрольні питання до розділу 2	18
РОЗДІЛ 3. Системи водяного опалення	19
3.1 Водяні системи опалення зі штучною циркуляцією	19
3.2 Водяні системи опалення з природною циркуляцією	21
3.3 Схеми водяних систем опалення	23
3.4 Опалювальні прилади і вимоги, що пред'являються до них	27
3.5 Види опалювальних приладів	28
3.6 Розрахунки нагрівальних приладів	33
3.7 Проектування систем водяного опалення	35
3.8 Опалення висотних будівель	39
Контрольні питання до розділу 3	41
РОЗДІЛ 4. Парове, повітряне і панельно-променисте опалення.	42
Місцеві системи опалення	
4.1 Парові системи опалення	42
4.2 Повітряне опалення	43
4.3 Панельно-променисте опалення	45
4.4 Газове опалення	49
4.5 Електричне опалення	50
Контрольні питання до розділу 4	52
РОЗДІЛ 5. Нетрадиційні джерела опалення	53
5.1 Опалення за допомогою теплових насосів	53
5.2 Сонячне опалення	54
5.3 Опалення геотермальними водами	57
Контрольні питання до розділу 5	58
РОЗДІЛ 6. Основи вентиляції	59
6.1 Призначення систем вентиляції	59

6.2 Види шкідливих виділень і їх дія на організм людини	59
6.3 Розрахункові параметри зовнішнього і внутрішнього повітря	61
6.4 Класифікація систем вентиляції	62
6.5 Розрахунок повітрообміну по боротьбі зі шкідливими виділеннями	63
Контрольні питання до розділу 6	65
РОЗДІЛ 7. Загальнообмінна та місцева вентиляція	66
7.1 Природна вентиляція промислових будівель	66
7.2 Розрахунки систем природної вентиляції	68
7.3 Системи механічної вентиляції	70
7.4 Схеми загальнообмінної вентиляції	71
7.5 Розрахунки систем механічної вентиляції	73
7.6 Устаткування систем вентиляції	73
7.7 Системи місцевої вентиляції	75
Контрольні питання до розділу 7	79
РОЗДІЛ 8. Теплотехнічні основи кондиціонування повітря	80
8.1 Завдання кондиціонування повітря	80
8.2 Процеси обробки повітря в i-d – діаграмі	81
8.3 Змішення потоків повітря різних станів	83
Контрольні питання до розділу 8	85
РОЗДІЛ 9. Системи кондиціонування повітря	86
9.1 Класифікація систем кондиціонування повітря	86
9.2 Центральні однозональні системи кондиціонування повітря	87
9.3 Центральні багатозональні системи кондиціонування повітря	91
9.4 Тепло- і холодопостачання центральних систем кондиціонування повітря	92
9.5 Місцеві системи кондиціонування повітря	94
9.6 Типи кондиціонерів	97
Контрольні питання до розділу 9	101
ПЕРЕЛІК РЕКОМЕНДОВАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ	102

РОЗДІЛ 1

ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ ОПАЛЮВАЛЬНОЇ ТЕХНІКИ

1.1 Теплотехнічні основи опалення

Опалення підтримує в приміщенні на певному рівні температуру повітря і внутрішніх поверхонь захисних конструкцій. У приміщенні забезпечується тепловий комфорт – оптимальна температурна обстановка, сприятлива для життєдіяльності людей в холодну пору року.

Опалення – один з видів інженерного (технологічного) обладнання будівлі і, крім того, є галуззю будівельної техніки. Монтаж стаціонарної установки опалення проводиться в процесі зведення будівлі, її елементи ув'язуються з будівельними конструкціями і поєднуються з інтер'єром приміщень. Функціонування опалення характеризується певною періодичністю протягом року і мінливістю використання потужності установки, залежної, перш за все від метеорологічних умов в холодну пору року. При пониженні температури зовнішнього повітря і посиленні вітру потужність повинна збільшуватися, а при підвищенні температури зовнішнього повітря і дії сонячної радіації зменшуватися тепловіддача від опалювальних установок в приміщення. Зміна інтенсивності зовнішньої дії на будівлю може також поєднуватися з нерівномірним надходженням теплоти від внутрішніх виробничих і побутових джерел, що вимагає додаткового регулювання дії опалення.

Очевидно, що для створення і підтримки теплового комфорту в приміщеннях будівель потрібні технічно здійснені опалювальні установки. І чим суворіше клімат місцевості і вище вимоги до забезпечення сприятливих умов в будівлі, тим більш могутнім і надійним повинне бути опалення.

Стан повітряного середовища в приміщеннях в холодну пору року обумовлюється дією не тільки опалення, але і вентиляції. Опалення і вентиляція спільно забезпечують в приміщеннях крім температури, визначені вологість, рухливість, тиск, склад і чистоту повітря. У виробничих і сільськогосподарських спорудах, в багатьох цивільних будівлях опалення і вентиляція невід'ємні, вони створюють необхідні санітарно-гігієнічні умови, сприяють зниженню числа захворювань, поліпшенню самопочуття людей і підвищенню продуктивності їх праці.

Недостатньо опалювальні будівлі швидше руйнуються внаслідок порушення необхідного температуро-вологісного режиму їх конструкцій. Технологічний процес отримання і зберігання ряду продуктів, виробів і речовин (точних приладів і ламп, пряжі і тканин, кіноплівки і скла, муки і паперу і т.д.) вимагає строгої підтримки заданої температури приміщень.

При дії системи опалення тепло передається від джерела теплоти в приміщення. У приміщенні, як просторі з неоднорідним полем температури,

виникає теплообмін між опалювальними приладами, внутрішніми і зовнішніми огороженнями і людьми. При цьому повинна бути створена теплова обстановка, сприятлива для доброго самопочуття і продуктивної діяльності людей.

Організм людини безперервно виділяє деяку кількість тепла, залежну від інтенсивності роботи і теплообміну з навколишнім середовищем. Основні тепловтрати тіла людини визначаються конвекцією при нагріванні повітря, випромінюванням і випаровуванням вологи з поверхні шкіри для випадку, коли людина не виконує фізичну роботу, а також при нормальній вологості і рухливості повітря в приміщенні. Співвідношення між величинами які складають основні тепловтрати, змінюється залежно від температури повітря при постійній температурі поверхні огорож $20\text{ }^{\circ}\text{C}$. При конвективному опаленні і $t_n = 20\text{ }^{\circ}\text{C}$ частка теплообміну конвекцією дорівнює приблизно 30 %, випромінюванням – 50 %, випаровуванням вологи – 20 %. У зоні нижчої температури повітря це співвідношення змінюється трохи, при вищій температурі значно посилюється теплообмін випаровуванням вологи. При променистому опаленні помітно збільшується теплообмін конвекцією.

Система терморегуляції людини в змозі підтримувати рівновагу між тепловиділенням і тепловтратою організму в межах $t_n = 14 \div 23\text{ }^{\circ}\text{C}$. При нижчій або вищій температурі повітря в тілі людини може спостерігатися недолік або накопичення тепла, які викликають переохолодження або перегрів організму. Нормальний тепловий стан людини при цьому порушується, а умови, в яких він знаходиться, називаються дискомфорними.

Інтенсивність тепловіддачі з поверхні тіла людини залежить не тільки від температури повітря t_n , але і від середньої температури $t_{нов}$ поверхонь огорожень і опалювальних приладів, обернених в приміщення, розташування (щодо людини) і розміри яких визначають радіаційну температуру приміщення t_R . Поєднання цих температур вважається комфортним, якщо більшість людей в приміщенні позитивно оцінюють свій фізіологічний стан. При одній і тій же температурі повітря (наприклад, $20\text{ }^{\circ}\text{C}$) відчуття людини в приміщенні можуть характеризуватися оцінками «холодно», «нормально» і «спекотно» залежно від температури поверхні огорожень. Для нормального самопочуття людини виявляється також корисним зміна температури повітря протягом дня у зв'язку зі зміною інтенсивності обміну речовин і діяльності. В установах доцільно підтримувати зранку температуру $19\text{ }^{\circ}\text{C}$, підвищуючи її до $21\text{ }^{\circ}\text{C}$ перед обідом і знижуючи після обіду до $18\text{ }^{\circ}\text{C}$. У житлових приміщеннях рекомендується періодично змінювати температуру протягом дня і знижувати її на $2\div 3\text{ }^{\circ}\text{C}$ вночі.

Організм людини не пристосований до нерівномірного охолодження. При адаптації до теплової обстановки приміщення людина відчуває зміну

температури на $0.5 \div 1^\circ$; нерівномірне нагрівання і охолодження окремих ділянок поверхні тіла викликає простудні захворювання. Ці чинники, пов'язані з фізіологічною дією оточуючого середовища на людину, необхідно враховувати при розташуванні опалювальних приладів в приміщенні і виборі режиму дії опалення.

Отже, основна роль опалення полягає в забезпеченні сприятливого самопочуття і високої життєдіяльності людей шляхом створення комфортної температурної обстановки в приміщенні в холодну пору року, тобто підтримкою достатньо рівномірної температури повітря і певної температури внутрішньої поверхні огорожень і опалювальних приладів.

1.2 Тепловий баланс приміщення

У холодну пору року в приміщенні для підтримки заданої температури повинна існувати рівність між кількістю втрачаемого тепла і тепла, що поступає. Втрата тепла викликана теплопередачею через зовнішні огороження, нагріванням холодного повітря, проникаючого зовні або подаваемого для вентиляції (інфільтрація), нагріванням холодних транспортних засобів, виробів, одягу і матеріалів, ендотермічними технологічними процесами (наприклад, при випаровуванні вологи). Тепло в приміщення поступає від людей, побутового і технологічного устаткування і процесів, джерел штучного освітлення, нагрітих матеріалів, виробів і вентиляційного припливного повітря, сонячної радіації. Тепло яке виділяється людським організмом повинно бути віддано навколишньому середовищу так, щоб людина не відчувала при цьому холоду або перегріву. Разом з витратами на випаровування з поверхні шкіри і легенів тепло віддається з поверхні тіла конвекцією і випромінюванням. Інтенсивність віддачі тепла конвекцією в основному визначається температурою навколишнього повітря, а при віддачі радіацією – температурою поверхонь огорожень обернених в приміщення.

Баланс тепла складають для стаціонарних умов. Тепловий баланс приміщення має вигляд

$$Q_o = Q_{вт} - Q_{нотр} \cdot \quad (1.1)$$

Величина кожної з перерахованих статей витрати і приходу тепла змінюється протягом робочого дня, доби, тижня і всього холодного періоду року (опалювального сезону), причому втрати тепла загалом зростають у міру зниження температури зовнішнього повітря.

Для кожної місцевості на підставі багаторічних спостережень вибирається розрахункова для опалення температура зовнішнього повітря. При цій порівняно низькій температурі втрати тепла досягають своєї розрахункової

величини, близької до максимально можливої (при абсолютно мінімальній температурі).

Теплові надходження мають змінний характер навіть протягом дня. Можливе короткочасне зростання їх до величини, що складає значну частину тепловтрат і яка навіть перевищує останні. У неробочий час, особливо вночі і в святкові дні, надходження тепла скорочується, а іноді і зовсім відсутнє. Для кожного приміщення встановлюється розрахунковий мінімум теплових надходжень, стійкий протягом певного проміжку часу.

У приміщеннях з постійним робочим режимом (в житлових, деяких промислових і сільськогосподарських будівлях) найбільша витрата тепла на опалення (зазвичай протягом 1 год) визначається як різниця між розрахунковими тепловтратами і мінімальними теплонадходженнями.

У приміщеннях зі змінним режимом (в суспільних, більшості промислових будівель) розглядаються два періоди: робочий, коли тепловтрати можуть перевищувати теплонадходження (опалення необхідне) або, навпаки, тепловтрати завжди менше теплонадходжень (опалення не потрібне), і неробочий, коли опалення необхідне. Опалення, що діє в неробочий час, називається черговим. При черговому опаленні температура повітря з метою економії тепла може знижуватися від робочої до мініально можливої за умовами експлуатації приміщення (наприклад, в сухому промисловому приміщенні до температури $+5^{\circ}\text{C}$).

Зіставлення розрахункових годинних тепловтрат і теплонадходжень, описане вище, називається зведенням теплового балансу приміщення. У всіх випадках, коли протягом розрахункової години виходить від'ємний тепловий баланс, виникає потреба в опаленні приміщення і визначається розрахункова витрата тепла на опалення. Розрахункова витрата тепла на опалення обумовлює теплову потужність опалювальної установки.

При експлуатації опалювальної установки вибраної теплової потужності поточні витрати тепла в більшості випадків менше розрахункового значення. Розрахункової величини витрати тепла досягають тільки при розрахунковій температурі зовнішнього повітря, і тоді тепла потужність опалювальної установки використовується цілком. Поточні – зменшені витрати тепла на опалення, мають місце протягом майже всього часу опалювального сезону у зв'язку зі зменшенням тепловтрат, а також при збільшенні теплонадходжень проти розрахункових величин. В цей час тепла потужність опалювальної установки повинна використовуватися частково. На практиці тепловий потік від опалювальної установки в приміщення скорочується шляхом регулювання температури і кількості теплоносія, а також зменшення кількості використаного палива.

Перехід тепла з приміщення до зовнішнього середовища через огороження є складним процесом теплопередачі. Внутрішня поверхня

зовнішнього огородження обмінюється теплом з приміщенням. Опір теплообміну на внутрішній поверхні дорівнює $R_6 = 1/\alpha_6$. Зовнішня поверхня віддає тепло зовнішньому повітрю, оточуючим поверхням. Опір теплообміну на зовнішній поверхні огородження дорівнює $R_3 = 1/\alpha_3$. В умовах сталого температурного стану, тобто коли температури і інші параметри процесу залишаються незмінними в часі, тепло транзитом проходить з приміщення через внутрішню поверхню і товщу огородження до його зовнішньої поверхні і віддається зовнішньому середовищу. При цьому з умови збереження енергії кількість теплоти, що пройшла через внутрішню поверхню огородження, дорівнює кількості тепла, що проходить через товщу огородження, і кількості тепла, відданого зовнішньою поверхнею (рис. 1.1).

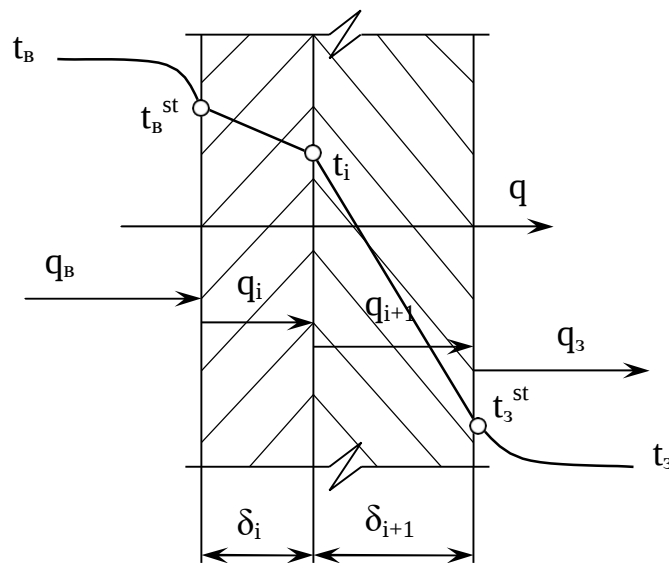


Рисунок 1.1 – Стаціонарна теплопередача через огородження

У загальному випадку складної багат шарової конструкції (рис. 1.1) опір теплопередачі огородження дорівнює $R = R_6 + \sum R_i + R_3$, а питомі теплові потоки визначаються рівняннями

$$q = \alpha_6 (t_в - t_в^{st}) = \frac{\lambda_i}{\delta_i} (t_i^{st} - t_{i+1}^{st}) = \alpha_3 (t_3^{st} - t_3) = k (t_в - t_3). \quad (1.2)$$

Коефіцієнт теплопередачі огородження дорівнює

$$k = \frac{1}{R} = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_6} + \sum \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_3}}. \quad (1.3)$$

Значення R_6, R_3 приводяться в довідковій літературі. Теплові опори шарів в значній мірі залежать від вологості як самих матеріалів, з яких вони виготовлені, так і від відносної вологості зовнішнього і внутрішнього повітря $R = f(\varphi_6, \varphi_3)$. Залежно від значення φ в приміщеннях розрізняють такі

режими: сухий ($\varphi < 50 \%$), нормальний ($\varphi = 50...60 \%$), вологий ($\varphi = 60...75 \%$) і мокрий ($\varphi > 75 \%$).

1.3 Теплозахисні властивості огорожень

Огородження будівлі повинні мати необхідні теплозахисні властивості і бути достатньою мірою повітро- і вологонепроникними.

Теплозахисні властивості зовнішніх огорожень характеризуються двома показниками: опором теплопередачі R і теплостійкістю, яку оцінюють за величиною характеристики теплової інерції огорожі D . Величина R визначає опір огороження передачі тепла в стаціонарних умовах, а теплостійкість характеризує опір огорожі передачі періодичних теплових дій.

Взимку теплозахисні властивості огорожень прийнято характеризувати в основному величиною R , а влітку – їх теплостійкістю. Це пояснюється тим, що для зими характерні стійкі температури поза будівлею і постійні внутрішні температури, котрі забезпечує система опалення. Влітку характерні періодичні добові зміни температури і сонячної радіації, і всередині будівлі температура зазвичай не регулюється.

Найбільш важливим є визначення розрахункового опору теплопередачі R основної частини конструкції огороження, з чого зазвичай і починають теплотехнічний розрахунок. Необхідною є умова, щоб R було рівне або більше мінімально допустимого по санітарно-гігієнічним міркуванням потрібного опору $R_{номр}$ теплопередачі

$$R \geq R_{номр}. \quad (1.4)$$

Проте ця умова необхідна, але не достатня, оскільки при визначенні R повинні враховуватися також техніко-економічні показники. Якщо виявляється, що економічно оптимальний опір R_{opt} теплопередачі огорожі більше $R_{номр}$ ($R_{opt} > R_{номр}$), то розрахунковий опір повинен визначатися з умови $R \approx R_{opt}$. В цьому випадку опір R буде більше мінімально допустимого і доцільним в економічному відношенні.

Після визначення R слід перевірити теплозахисні властивості елементів конструкцій (стики, кути, включення). Необхідною і достатньою умовою цього розрахунку є відсутність випадіння конденсату на внутрішній поверхні цих елементів конструкцій.

Санітарно-гігієнічні вимоги обмежують пониження температури t_e^{st} на внутрішній поверхні огорожень значенням допустимої температури t_d^{st} . Температура $t_{номр}^{st}$ повинна бути такою, щоб людина, знаходячись біля

огороження, не відчувала інтенсивного радіаційного охолодження. Крім того, як правило, на огороженнях недопустима конденсація, тому температура t_e^{st} повинна бути вище за температуру точки роси повітря $t_{m.p.}$ в приміщенні.

У БНіП приведені значення температури t_e приміщень різного призначення і розрахункові перепади температури $\Delta t_e = t_e - t_e^{st}$. Для стін $\Delta t_e \leq 6$ °С, стелі $\Delta t_e \leq 4$ °С, підлоги $\Delta t_e \leq 2$ °С. За розрахункову приймають температуру в робочій зоні на висоті 1,5 м від підлоги і на відстані від огороження не менше 2 м.

Опір теплообміну на внутрішній поверхні огороження R_e в нормах прийнятий рівним $R_e = 0.114 \left(K \cdot m^2 \right) / Bm$. Виключення складають оребрені і кесоновані поверхні, для яких дана спеціальна таблиця значень R_e .

Температура приміщення залишається незмінною, якщо надходження тепла опалювальних приладів рівне надоліку тепла в приміщенні. Якщо теплові надходження періодично змінюються при незмінних втратах тепла, то в приміщенні спостерігаються коливання температури повітря і радіаційної температури. Огороження, всі предмети, повітря під впливом цих змін періодично поглинають або віддають тепло. Чим більше здатність поглинати тепло у огорожень і предметів, поверхні яких обернені в приміщення, тим менше в приміщенні коливання температури і тим більше його теплостійкість.

Теплостійкістю приміщення називається його властивість підтримувати відносну постійність температури при теплових надходженнях які періодично змінюються. Теплостійкість зовнішніх огорожень не повинна допускати великих змін температури на внутрішній поверхні: взимку – при разових пониженнях температури, влітку – при добових коливаннях температури і інтенсивності сонячної радіації. Інтенсивність коливання температури в приміщенні також залежатиме від ступеня нерівномірності променистої і конвективної складових тепловіддачі приладів і їх співвідношення.

При розгляді завдання теплостійкості користуються методом накладення (суперпозиції), заснованим на незалежності дії окремих теплових обурень.

При виборі зимової розрахункової температури t_{30} приймається у розгляд теплова інерційність огороження, тому розрахунок $R_{номр}$ одночасно враховує теплостійкість огороження при разовому зниженні температури взимку. Температура t_{30} залежить від теплової масивності огороження

$$D = \sum (R_i S_i), \quad (1.5)$$

де $S_i = 0.51 \sqrt{\lambda_i c_{pi} \rho_i}$ – коефіцієнти теплотасвоєння матеріалу шарів, залежні від фізичних властивостей матеріалу, $Dж / (м^2 \cdot c^{1/2} \cdot K)$.

Коефіцієнт S показує здатність поверхні стінки площею в 1 м² засвоювати

теплоту на протязі 1 с при температурному перепаді в 1 °С. Величина S залежить від тривалості опалення і фізичних властивостей матеріалу.

При $D \leq 1,5$ – легкі огорождення ($t_{30} = t_3^{\min}$);

$D = 1,5 \div 4$ – малої масивності огорождення ($t_{30} = t_{cp}^{hx\partial}$);

$D = 4 \div 7$ – середньої масивності огорождення ($t_{30} = 0,5 \left(t_{cp}^{hx\partial} + t_{cp}^{5\partial} \right)$);

$D > 7$ – масивні огорождення ($t_{30} = t_{cp}^{5\partial}$).

Температура $t_{cp}^{5\partial}$ – середня найбільш холодної п'ятиденки з восьми найбільш суворих зим за останні 50 років.

Контрольні питання до розділу 1

1. Що являє собою опалення?
2. Від чого залежить тепловіддача з поверхні тіла людини?
3. Які використовуються види палива при опаленні?
4. Які складники враховують при написанні теплового балансу приміщення?
5. Як розраховуються тепловтрати через огорождення?
6. Які режими розрізняють в приміщенні залежно від відносної вологості?
7. Чим характеризуються теплозахисні властивості огорожень?
8. Як визначають температуру в робочій зоні?
9. Що таке теплостійкість приміщення?
10. Що таке коефіцієнт теплозасвоєння та від який чинників він залежить?
11. Яким чином вибирається значення температури для розрахунків опалення?

РОЗДІЛ 2

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА СИСТЕМ ОПАЛЕННЯ

2.1 Класифікація систем опалення

Система опалення – це комплекс конструктивних елементів, призначених для отримання, перенесення і передачі необхідної кількості тепла у всі приміщення, що обігріваються.

Перенесення тепла може здійснюватися за допомогою рідкого або газоподібного середовища. Рідке (вода) або газоподібне (пара, повітря, газ) середовище, що переміщається в системі опалення, називається теплоносієм. Залежно від виду теплоносія системи опалення бувають водяні, парові, повітряні і газові.

При використанні для опалення електрики тепло може переноситься також через тверде середовище.

Системи опалення поділяються на дві групи: місцеві і центральні. У місцевих системах для опалення одного приміщення всі елементи конструктивно об'єднані в одній установці, безпосередньо в якій відбуваються отримання, перенесення і передача тепла в приміщення. Теплоносуче середовище нагрівається гарячою водою, паром, електрикою або при спалюванні якого-небудь палива. Передача тепла здійснюється випромінюванням і конвекцією. У місцевій системі опалення з використанням електрики теплоперенесення може здійснюватися без теплоносія – безпосередньо через тверде середовище.

Центральними називаються системи, призначені для опалення декількох приміщень з єдиного теплового центру. Теплообмінник і прилади таких систем опалення відокремлені один від одного: теплоносій нагрівається в теплообміннику, який знаходиться в тепловому центрі, переміщується по теплопроводах в окремі приміщення і, передавши тепло через опалювальні прилади в них, повертається в тепловий центр. До центральних відносяться системи водяного, парового і повітряного опалення.

Центральна система опалення може бути районною, коли група будівель опалюється з центральної теплової станції. Теплообмінник і опалювальні прилади системи тут також розділені, теплоносій нагрівається в теплообміннику, що знаходиться на тепловій станції, переміщається по зовнішніх і внутрішніх теплопроводах в окремі приміщення кожної будівлі і, передавши тепло через опалювальні прилади в них, повертається на станцію.

2.2 Вимоги, що пред'являються до систем опалення

До опалювальної установки пред'являються різноманітні вимоги. Всі

вимоги, які найповніше виражаються стосовно приміщень постійного або тривалого перебування людей, можна розділити на п'ять груп:

1) **санітарно-гігієнічні** – підтримка визначеної і рівномірної температури в часі, в плані і по висоті приміщення без посиленої рухливості повітря, а також обмеження температури поверхні опалювальних приладів;

2) **економічні** – обмеження первинної вартості і вартості експлуатації, зменшення витрати металу;

3) **будівельні** – дотримання відповідності архітектурно-планувальному рішення приміщення, розміщення опалювальних елементів в ув'язці, а іноді поєднання з будівельними конструкціями, обмеженість терміну виконання монтажних робіт, здійснення ремонту без пошкодження основних конструкцій будівлі;

4) **монтажні** – виготовлення мінімального числа уніфікованих і знеособлених деталей і вузлів в заводських умовах, скорочення витрат ручної праці при збірці з метою підвищення продуктивності праці;

5) **експлуатаційні** – забезпечення довговічності, простоти і зручності управління і ремонту, безшумності і безпеки дії, теплової надійності.

Поняття «теплова надійність» виражає вимогу виконання опалювальною установкою свого призначення протягом всього опалювального сезону. Установка повинна мати здатність передавати в кожне опалювальне приміщення кількість тепла, що змінюється в відповідності з необхідністю теплоти. Ділення вимог на п'ять груп є до деякої міри умовним, оскільки в ці групи входять вимоги які відносяться як до періоду будівництва, так і експлуатації будівель.

2.3 Теплоносії для опалення

Теплоносієм для опалення може бути будь-яке рідке або газоподібне середовище, що має здатність акумулювати тепло і змінювати свої основні теплотехнічні показники, а також достатньо рухоме і дешеве. Разом з тим теплоносій повинен сприяти виконанню вимог, що пред'являються до опалювальної установки. Для опалення будівель і споруд в даний час використовують воду, водяну пару, атмосферне повітря, гарячі гази. Органічні теплоносії, температура кипіння яких при атмосферному тиску перевищує 250 °С (поліфеніли і ін.), частіше застосовуються в спеціальних високотемпературних установках.

Найбільше розповсюдження як теплоносії в системах опалення мають вода, пара і повітря. Зіставимо ці теплоносії як за фізичними властивостями, так і за техніко-економічними, санітарно-гігієнічними і експлуатаційними показниками, важливими для вибору системи опалення.

Перш за все, перерахуємо фізичні властивості кожного з теплоносіїв, що

відбиваються на конструкції і дії системи опалення.

Властивості води: велика теплоємність і густина, нестисливість, розширення при нагріванні зі зменшенням густини, підвищення температури кипіння при збільшенні тиску, зменшення абсорбції повітря при нагріванні і зниженні тиску.

Властивості пари: мала густина, підвищення температури і густини при збільшенні тиску, великий тепловміст за рахунок тепла фазового перетворення.

Властивості повітря: мала теплоємність і густина, легка рухливість, зменшення густини при нагріванні.

Істотним *техніко-економічним* показником є маса металу, що витрачається при тому або іншому теплоносії на виготовлення теплообмінника, опалювальних приладів і теплопроводів, що впливає на вартість пристрою і експлуатації системи опалення. При теплоносії повітрі площа нагрівальної поверхні калорифера зменшується в порівнянні з площею опалювальних приладів при двох інших теплоносіях. При теплоносії парі площа (і маса) опалювальних приладів менша, ніж при теплоносії воді, що пояснюється вищою температурою парових приладів.

Якщо при парі температура теплоносія в приладі рівна температурі насиченої пари (наприклад, 150 °С), то при воді ця температура може бути рівна півсумі температури води, що входить і виходить з приладу (наприклад, $t = 0.5(150 + 70) = 110$ °С).

Витрата металу на теплопроводи зростає зі збільшенням площі їх поперечного перетину. Як видно з табл. 2.1, площі поперечних перетинів водопроводів і паропроводів близькі; перетин повітропроводів для передачі рівної кількості теплоти більший. Тому витрата металу на повітропроводи збільшується у декілька разів (навіть якщо виконати їх з тонколистової сталі).

Таблиця 2.1 – Зіставлення параметрів основних теплоносіїв для опалення

Параметри	Теплоносії		
	вода	пар	повітря
Різниця температур, °С	150 - 70 = 80	150	70 - 15 = 55
Густина, кг/м ³	917	2,5	1,03
Масова теплоємність, кДж/(кг·К)	4,31	2120	1
Тепло для опалення 1 м ³ , кДж	316 370	5300	56,6
Швидкість руху, м/с	1,5	60	12
Відносна площа поперечного перетину теплопроводу	1	1.5	700

Таким чином, за площею поперечного перетину теплопроводів повітря є

найменш вигідним теплоносієм. При значній довжині повітропроводів, коли внаслідок малої теплоємності і збільшеній тепловіддавальній поверхні повітря помітно охолоджується, застосовувати його як теплоносій недоцільно. Тому для теплопостачання використовується не повітря, а вода або пара.

Порівняємо теплоносії воду, пару і повітря за *санітарно-гігієнічними* показниками і в першу чергу за температурними умовами, що створюються в приміщенні при використанні того або іншого теплоносія. Повітря як мало тепломісткий теплоносій повністю відповідає вимозі постійно підтримувати в приміщенні певну температуру незалежно від коливання температури зовнішнього повітря. Температура води, як і теплоносія повітря, також може змінюватися в широких межах, проте із-за теплової інерції опалювальних приладів з водою, можлива деяка зміна температури приміщення навіть при автоматичному регулюванні теплопередачі приборів.

Зміна температури теплоносіїв повітря і води залежно від температури зовнішнього повітря (якісне регулювання), практично неможлива при теплоносії парі. Температура насиченої пари визначається тиском. При значній зміні тиску пари в системі опалення не відбувається помітної зміни його температури, а, отже, теплопередачі опалювальних приладів. Наприклад, при зниженні надлишкового тиску з 0,05 до 0,005 МПа, тобто в 10 разів, температура пари знижується з 110,8 до 100,4 °С, тобто тільки на 10 %. Для зменшення теплопередачі приборів доводиться періодично їх вимикати, що викликає коливання температури приміщень, а це суперечить гігієнічній вимозі.

Інша санітарно-гігієнічна вимога обмежувати температуру поверхні опалювальних приладів обумовлена явищем розкладу і сухої сублімації органічного пилу, що супроводжується виділенням шкідливих речовин, зокрема окислів вуглецю. Розкладання пилу починається при температурі 65÷70 °С і інтенсивно протікає на поверхні при температурі більше 80 °С.

При використанні води температура поверхні опалювальних приладів постійно нижче, ніж при застосуванні пари з однаковою початковою температурою. Отже, використання води дозволяє підтримувати середню температуру поверхні приладів майже весь опалювальний сезон на рівні не вище 80 °С. При теплоносії парі, температура поверхні більшості опалювальних приладів перевищує гігієнічну межу.

У центральних системах повітряного опалення можливе очищення нагріваемого повітря від пилу, і такі системи будуть гігієнічними. У місцевих системах розкладання пилу на поверхні теплообмінника залежить від виду первинного теплоносія: воно неминуче при парі і пов'язане з температурою води.

Експлуатаційні показники трьох теплоносіїв, що зіставляються, частково вже розглянуті при їх техніко-економічній і санітарно-гігієнічній оцінці. Можна

ще відзначити відмінність в їх густині (табл. 2.1). Густина води істотно відрізняється від густини пари (у 400÷1500 разів) і повітря (у 900 разів), що викликає значний гідростатичний тиск в опалювальних приладах систем водяного опалення багатоповерхових будівель і обмежує висоту систем.

Повітря і вода можуть переміщатися в теплопроводах безшумно (до певної швидкості руху). Часткова конденсація пари із-за попутної втрати тепла паропроводами (поява попутного конденсату) викликає шум (поклацування, стукіт і удари) при русі пари.

При використанні води, як тепломісткого теплоносія, який змінює в широких межах температуру, скорочується площа поперечного перетину труб, обмежується температура поверхні опалювальних приладів, забезпечується рівномірність температури приміщень, зменшуються марні втрати тепла, забезпечуються безшумність дії і порівняльна довговічність систем опалення. До недоліків застосування води відносяться значні гідростатичний тиск і витрата металу в системах, теплова інерція води в опалювальних приладах, що знижує якість регулювання їх теплопередачі.

При використанні пари скорочуються площі поверхні опалювальних приладів і поперечного перетину конденсатопроводів. Пара – легкорухомий теплоносій, що швидко прогріває приміщення, має малу теплову інерцію і незначний гідростатичний тиск. Проте пара не сприяє необхідному регулюванню температури теплоносія, підвищує температуру поверхні приладів до 100 °С і більше, викликає прискорену корозію труб. При застосуванні пари збільшуються експлуатаційні витрати на опалення, перегріваються приміщення, виникає шум при дії, збільшуються втрати тепла і витрата палива.

Повітря – малотепломісткий, легкорухомий, добре регульований (по температурі і кількості) теплоносій, що забезпечує швидку зміну або рівномірність температури приміщень, безпечний в пожежному відношенні. При використанні повітря можна не використовувати опалювальні прилади в приміщеннях і здійснювати вентиляцію приміщень. До недоліків застосування повітря як теплоносія відносяться істотне збільшення площі поперечного перетину і маси повітропроводів, зростання втрат тепла, витрати теплоізоляційного матеріалу і палива, помітне пониження його температури по довжині повітропроводів.

Гази, що утворюються при згоранні твердого, рідкого або газоподібного палива, мають порівняно високу температуру і застосовні для опалення в тих випадках, коли відповідно до санітарно-гігієнічних вимог вдається обмежити температуру тепловіддавальної поверхні приладів. Внаслідок високої температури продуктів згорання палива зростають втрати тепла при транспортуванні. Випуск продуктів згорання палива в опалювальні приміщення погіршує стан їх повітряного середовища і в більшості випадків недопустимий,

а видалення їх назовні по каналах ускладнює систему опалення. Область використання продуктів згорання як теплоносія обмежена системами місцевого опалення з такими опалювальними установками як опалювальні печі, газові калорифери і т.п.

Контрольні питання до розділу 2

1. Що таке система опалення і які види їх існують?
2. Які вимоги пред'являються до систем опалення?
3. Що являє собою теплова надійність системи опалення?
4. Які теплоносії використовують для опалення?
5. Який теплоносій є найбільш вживаним і чому?
6. Порівняйте основні види теплоносіїв за санітарно-гігієнічними умовами та експлуатаційними показниками?
7. Які характеристики димових газів для опалення?

РОЗДІЛ 3

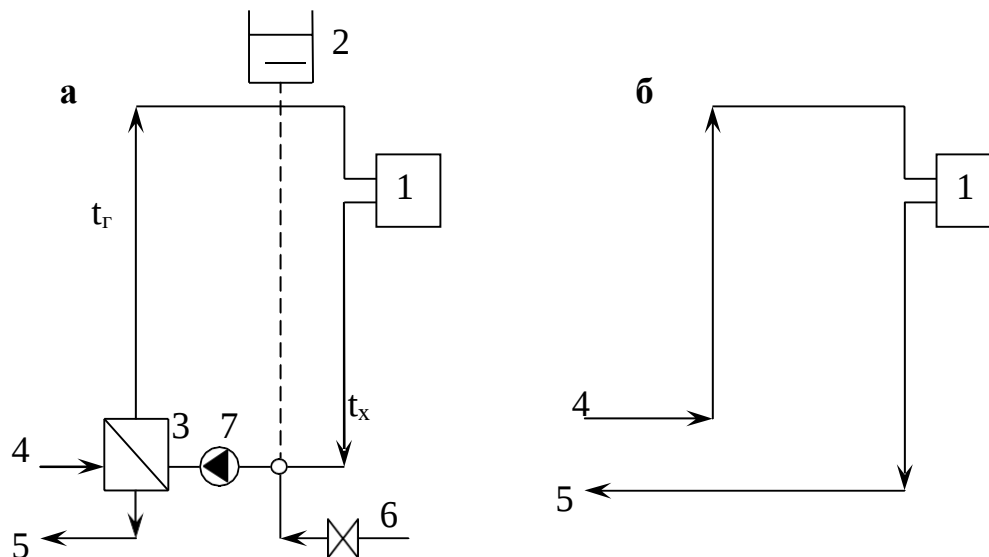
СИСТЕМИ ВОДЯНОГО ОПАЛЕННЯ

Вода широко використовується як теплоносіє в системах опалення, що обумовлене її перевагами, а також розвитком теплофікації, заснованої на нагріванні води попутно з виробленням електричної енергії. Водяне опалення використовується майже повсюдно в цивільних будівлях і впроваджується в промислових будівлях.

Водяне опалення зі штучною циркуляцією води – насосне водяне опалення – набуло широкого поширення, а водяне опалення з природною циркуляцією води – гравітаційне, в даний час застосовується порівняно рідко і при спеціальному обґрунтуванні.

3.1 Водяні системи опалення зі штучною циркуляцією

Принципова схема системи насосного водяного опалення при місцевому тепlopостачанні від водогрійної котельні в опалювальній будівлі приведена на рис. 3.1а. Охолоджена вода нагрівається в котлі 3 від температури t_0 до температури t_2 . Гаряча вода з температурою t_2 розподіляється по стояках. Рух води створюється циркуляційним насосом 7, включеним в загальну зворотну



1 – опалювальний прилад; 2 – розширювальний бак; 3 – котел;
4, 5 – подавальний і зворотний теплопроводи; 6 – лінія
підживлення; 7 – циркуляційний насос

Рисунок 3.1 – Принципові схеми насосних систем водяного опалення при місцевому (а) і централізованому (б) тепlopостачанні

магістраль, куди збирається охолоджена вода зі всіх приладів. Розширювальний бак 2 приєднується до загальної зворотної магістралі. Первинне заповнення і поповнення системи внаслідок витoku води, аварії і ремонту проводяться холодною водою з водопроводу 6 через зворотний клапан.

При централізованому водяному теплопостачанні (від теплової станції або від ТЕЦ) котел 3 замінюється теплообмінником і заповнення системи проводиться деаерованою водою за допомогою підживлювального насоса на лінії підживлення 6. У теплообміннику первинна вода з подавального теплопроводу нагріває через стінку вторинну воду (не змішуючись з нею) від температури t_0 до температури t_2 , охолоджується і видаляється в зворотний теплопровід 5. Незалежна схема застосовується для створення місцевого теплогідравлічного режиму в системі опалення при зниженій температурі гріючої води. Її перевагою є збереження циркуляції з використанням теплоємності води при аварії в зовнішніх теплопроводах. Проте система опалення по цій схемі найбільш складна і коштовна.

Схема системи насосного водяного опалення при централізованому теплопостачанні на рис. 3.1б залежна, прямоточна, без змішення води використовується у тому випадку, коли в системі допускаються високотемпературна вода і значний гідростатичний тиск. Ця система опалення найбільш проста по конструкції і в обслуговуванні і, крім того, найбільш дешева. Недоліками її є відсутність місцевого якісного регулювання і залежність теплового режиму від «знеособленого» режиму в зовнішніх теплопроводах. Висота будівлі, в якій може застосовуватися дана система опалення, обмежується необхідністю збереження в системі достатнього гідростатичного тиску для запобігання скипання високотемпературної води. При централізованій схемі циркуляція здійснюється мережними насосами в джерелі теплопостачання, а розширювального баку може і не бути, оскільки розширення теплоносія може компенсувати вузол підживлення, а в системі опалення у верхніх споживачів встановлюють крани-повітровики для видалення повітря з системи.

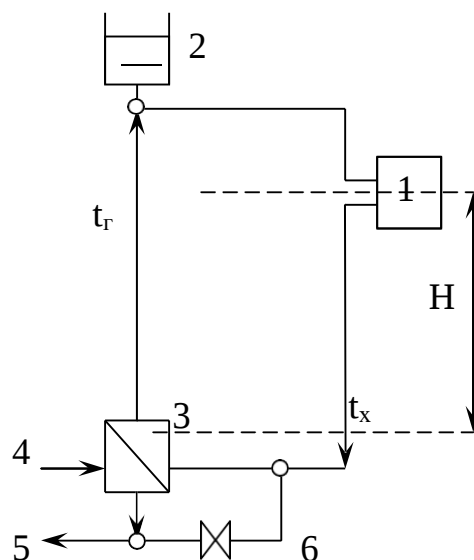
Загальним для представлених схем є використання насоса для штучної циркуляції води в системі опалення. Циркуляція води спочатку здійснювалася різними засобами, зокрема впусканням пари у воду. Проте найбільш раціональним виявилось включення в систему опалення спеціального циркуляційного насоса. В першій схемі (рис. 3.1а) циркуляційний насос 7 включається безпосередньо в теплопроводи системи опалення. У другій (рис. 3.1б) циркуляційний насос розміщується на тепловій станції і розвиває тиск, достатній для створення циркуляції води, як в зовнішніх теплопроводах, так і в місцевій системі опалення. Для насосної системи водяного опалення характерне різноманіття вживаних конструктивних схем, значний радіус дії, відносно велика швидкість руху води, а також з'єднання її з розширювальним баком,

якщо він є. Велика швидкість руху води дозволяє застосовувати теплопроводи з мінімальною площею поперечного перетину (мінімального діаметру) і використовувати силу перебігу води для переміщення і видалення повітряних скупчень з системи в атмосферу.

3.2 Водяні системи опалення з природною циркуляцією

Опалення з природною циркуляцією води застосовувалося в позаминулому столітті спочатку у вигляді однотрубних, потім у вигляді двотрубних систем. З впровадженням електричних циркуляційних насосів гравітаційні системи опалення з початку попереднього століття поступаються своїм місцем насосним системам. В даний час область застосування систем з природною циркуляцією води обмежена. Їх використовують для опалення окремих житлових квартир, невеликих цивільних будівель, залізничних вагонів, будівель, в яких недопустима вібрація конструкцій (наприклад, при точних вимірюваннях), що спричиняється роботою насосів. Використання природної циркуляції доцільне при водяному опаленні окремих верхніх приміщень висотних будівель (наприклад, технічного поверху). Крім того, природна циркуляція води в стояках зустрічається в децентралізованих системах водо-водяного опалення.

Принципова схема гравітаційної системи водяного опалення приведена на рис. 3.2. Нагрівання і охолодження води в замкнутому контурі системи



1 – опалювальний прилад; 2 – розширювальний бак; 3 – теплообмінник;
4, 5 – подавальний і зворотний теплопроводи; 6 – лінія підживлення

Рисунок 3.2 – Принципова схема гравітаційної системи водяного опалення

опалення викликає неоднорідний розподіл її густини. У горизонтальній системі опалення це явище не викликає циркуляції води. У вертикальній системі під дією гравітаційного поля виникає вільний рух, названий природною, або гравітаційною циркуляцією води. Величина природного циркуляційного, або гравітаційного тиску, що викликає циркуляцію води, визначається різницею гідростатичного тиску двох стовпів води рівної висоти

$$\Delta p_{\text{ц}} = (\rho_x - \rho_z) g H. \quad (3.1)$$

Охолодження води в системі опалення відбувається безперервно у міру віддалення від теплообмінника, на виході з якого температура води має максимальне значення, і закінчується при поверненні її до теплообмінника. Поступове охолодження води в теплопроводах поєднується з різким охолодженням її в опалювальних приладах. Тому загальний природний циркуляційний тиск в системі можна розглядати як суму двох величин: природного циркуляційного тиску $\Delta p_{\text{пр}}$, що виникає із-за охолодження води в опалювальних приладах, і природного циркуляційного тиску, що виникає внаслідок охолодження води в трубах $\Delta p_{\text{тр}}$

$$\Delta p_{\text{ц}} = \Delta p_{\text{пр}} + \Delta p_{\text{тр}}. \quad (3.2)$$

В більшості випадків — в системах опалення багатоповерхових будівель — перший доданок є основним по величині, другий — додатковим. У окремому випадку — в одноповерхових будівлях — основним є другий доданок.

Варто відзначити істотні недоліки систем водяного опалення з природною циркуляцією, які обмежують область їх застосування: 1) скорочений радіус дії (до 30 м по горизонталі), зумовлений невеликим циркуляційним тиском; 2) висока первинна вартість (до 5÷7 % вартості невеликих будівель), пов'язана із застосуванням труб великого діаметру; 3) збільшені витрати металу і затрати праці на монтаж теплопроводів; 4) сповільнене включення в дію із-за великої теплоємності маси води і малого циркуляційного тиску; 5) підвищена небезпека замерзання води в трубах, прокладених в неопалювальних приміщеннях.

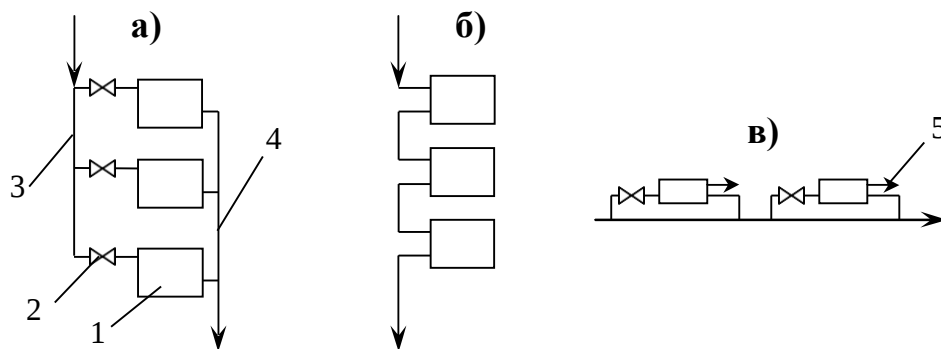
Разом з тим гравітаційні системи опалення мають переваги, що визначають в окремих випадках їх вибір: 1) відносна простота пристрою і експлуатації; 2) незалежність дії від постачання електричною енергією; 3) відсутність циркуляційних насосів і відповідно шуму і вібрації; 4) порівняна довговічність (при правильній експлуатації системи діють 35÷40 років і більше без капітального ремонту); 5) підвищена теплова надійність, обумовлена дією кількісного саморегулювання.

У гравітаційній системі створюється своєрідний механізм природного регулювання: при проведенні якісного регулювання, тобто при зміні температури води, відбувається кількісне регулювання — змінюється витрата води. Дійсно, якщо змінювати температуру гріючої води залежно від температури зовнішнього повітря, то в системі із-за іншого розподілу густини

води змінюється природний циркуляційний тиск, а отже, і кількість циркулюючої води. Одночасна зміна температури і кількості води забезпечує необхідну теплопередачу опалювальних приладів.

3.3 Схеми водяних систем опалення

За схемою приєднання опалювальних приладів до трубопроводів системи водяного опалення, як з природною, так і штучною циркуляцією води бувають двотрубні і однотрубні (рис. 3.3).



- 1 — опалювальний прилад; 2 — кран подвійного регулювання;
3 — трубопровід гарячої води; 4 — трубопровід охолодженої води;
5 — повітровипускний кран

Рисунок 3.3 – Приєднання опалювальних приладів до трубопроводів системи водяного опалення (вертикальні двотрубна (а) і однотрубна проточна (б), горизонтальна однотрубна з осьовими замикаючими ділянками (в))

У двотрубних системах водяного опалення теплоносій подається поодиноці по тому ж подавальному трубопроводу паралельно до всіх опалювальних приладів системи, в них вода охолоджується і повертається в генератор теплоти по іншому трубопроводу, не заходячи в інші опалювальні прилади.

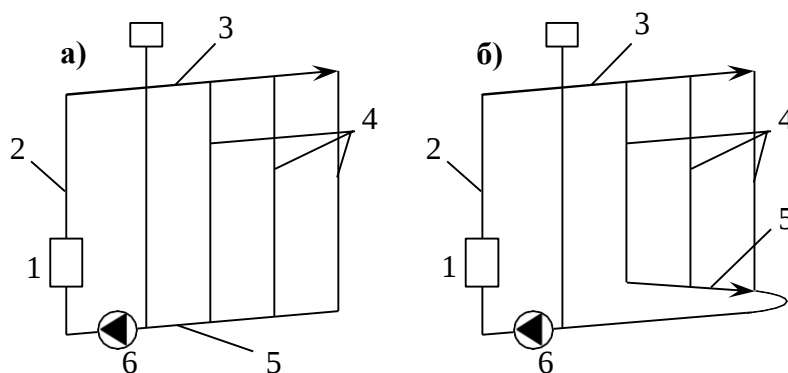
У однотрубних системах водяного опалення теплоносій по одному трубопроводу подається до всіх опалювальних приладів. Охолодившись до деякої температури в одному приладі даний теплоносій поступає в інші. В даний час найчастіше застосовують однотрубні системи, які в порівнянні з двотрубними мають меншу довжину і масу труб, дозволяють уніфікувати окремі вузли і деталі, скорочувати витрати праці на монтаж систем. Крім того, порівняно стійкий гідравлічний режим дозволяє відмовитися від пусконаладжувального регулювання при здачі однотрубних систем в

експлуатацію.

Двотрубні і однотрубні системи водяного опалення бувають вертикальними (розподільні труби, до яких приєднують опалювальні прилади, розташовані в системі опалення вертикально) і горизонтальними (розподільні труби розташовані в системі опалення горизонтально).

Залежно від розташування подавальної магістралі по відношенню до системи двотрубні і однотрубні системи водяного опалення бувають з верхньою розводкою (подавальна магістраль прокладена по горішці або під стелею верхнього поверху) і з нижньою розводкою (подавальна магістраль прокладена в підвалі, над підлогою першого поверху або в підпільних каналах).

По напрямку руху води в подавальній і зворотній магістралях розрізняють системи водяного опалення тупикові (зустрічний рух води) і з попутним рухом води (рух води в одному напрямі) (рис. 3.4).



1 — генератор теплої; 2 — головний стояк; 3 — подавальна магістраль; 4 — стояки; 5 — зворотна магістраль; 6 — насос

Рисунок 3.4 – Тупикова (а) і з попутним рухом води (б) системи водяного опалення

Однотрубні системи водяного опалення з вертикальними стояками і горизонтальними гілками є найбільш ефективними і екологічними системами серед використовуваних для опалення будівель.

Вертикальні однотрубні системи з верхньою розводкою. Принцип роботи таких систем заснований на наступному. Гаряча вода з генератора теплої піднімається по головному стояку в подавальні магістралі, звідки розподіляється по окремих стояках і далі прямує в опалювальні прилади. Вода, що охолодилася в опалювальних приладах, поступає в зворотну магістраль, по якій повертається в генератор теплої для повторного нагріву. Переміщення води в системі здійснюється насосом або тільки за рахунок природного циркуляційного тиску. При верхній розводці подавальних магістралей рух води

всередині опалювальних приладів відбувається зверху вниз, що сприяє отриманню вищих теплотехнічних показників приладів.

Серед систем з природною циркуляцією води переважними є схеми з верхнім розташуванням подавальних магістралей. У таких системах зростає природний циркуляційний тиск в результаті охолодження води в порівняно високо розташованих магістралях. При верхньому розташуванні подавальних магістралей в системах з природною циркуляцією води розширювальний бак приєднують безпосередньо до верхньої частини головного стояка. Ухил подавальних магістралей — у бік руху води — забезпечує переміщення повітря із стояків до точки приєднання розширювального баку, за допомогою якого система сполучається з атмосферою. Це сприяє видаленню повітря з системи в атмосферу через бак.

Вертикальні однотрубні системи з нижньою розводкою. Системи цього типу підвищують індустріальність заготівельних, монтажних і будівельних робіт, а також, мають високі техніко-економічні показники.

В однотрубних системах з нижньою розводкою теплоносій з генератора теплоти поступає в подавальні магістралі, розташовані внизу системи, звідки по висхідній частині стояка піднімається вгору до опалювальних приладів. У верхній частині системи висхідна частина стояка переходить в низхідну, яка приєднується до зворотної магістралі. Вода з низхідної частини стояка по зворотній магістралі повертається в генератор теплоти для повторного нагріву.

У П-образних стояках (що складаються з висхідної і низхідної частин) цих систем застосовують проточні, проточно-регульовані приладові вузли які мають кращі техніко-економічні показники. Опалювальні прилади приєднують до висхідної і низхідної частин стояка. При непарних опалювальних приладах вільною від опалювальних приладів роблять висхідну частину стояка.

Для більшості вертикальних однотрубних стояків характерне однобічне приєднання опалювальних приладів до стояка. Це, хоч і збільшує число стояків, проте дозволяє уніфікувати приладові вузли, як по діаметру, так і по довжині труб. Однобічне приєднання опалювальних приладів до стояка дозволяє розміщувати трубопровід стояка на будь-якій відстані від віконних укосів зі зсувом осей нагрівальних приладів від осей вікон. У пробках верхніх радіаторів або у верхніх точках стояків з конвекторами встановлюють повітряні крани.

У великопанельних будівлях використовують також П-образні біфілярні стояки, в яких опалювальні прилади кожного приміщення складаються з двох половин, приєднаних окремо до висхідної і низхідної частин стояка (рис. 3.5).

Вода рухається по трубах стояка послідовно, поступово охолоджуючись від розрахункової температури на вході у висхідну частину стояка до розрахункової температури на виході з низхідної частини стояка. В результаті середні температури в двох трубах будь-якої ділянки стояка однакові. Зміна температури або швидкості руху води в такому стояку однаково відіб'ється на

всіх опалювальних приладах. З погляду гідравлічного режиму біфілярна система є однотрубною проточною з високою гідравлічною стійкістю. У теплотехнічному відношенні вона успадкувала одну з головних властивостей двотрубною системи — однакову середню температуру всіх опалювальних приладів. Таким чином, біфілярна система, увібравши в себе кращі властивості

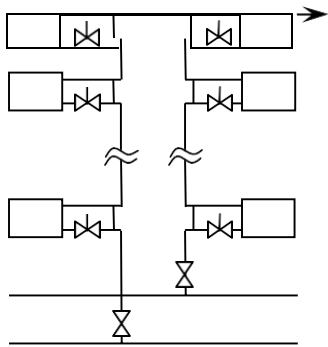


Рисунок 3.5 – П-образна однотрубна біфілярна система опалення

однотрубною проточною і двотрубною з нижнім розміщенням магістральних труб систем, вільна від недоліків ним властивих: гідравлічній і тепловій нестійкості, різних площі поверхні опалювальних приладів при однаковій тепловій потужності.

Систему опалення з П-образними стояками можна включити в дію в процесі монтажу по поверхово, використовуючи тимчасові перемички між висхідною і низхідною частинами стояка. Цю особливість системи використовують в

зимовий час для прогрівання приміщень будівель при підготовці систем до здачі в експлуатацію.

Вертикальні однотрубні системи водяного опалення з «перекинутою» циркуляцією води. Системи з нижнім розташуванням подавальної магістралі і верхньою прокладкою зворотної магістралі застосовують в будівлях підвищеної поверховості (10 поверхів і більше). В них гаряча вода з теплообмінника поступає в подавальні магістралі, прокладені знизу системи. З подавальної магістралі вода піднімається вгору по вертикальних стояках, послідовно проходить через опалювальні прилади, приєднані до стояків. Охолоджена вода після опалювальних приладів поступає в зворотну магістраль, звідки по головному стояку опускається вниз, в теплообмінник для повторного нагріву. Переміщення води в системі здійснюється насосом.

Горизонтальні системи водяного опалення. Розповсюдження горизонтальних систем опалення обумовлене збільшенням протяжності будівель, впровадженням збірних каркасно-панельних конструкцій, застосуванням подовжених світлових отворів. У таких будівлях відсутність простінків і отворів в перекриттях перешкоджає розміщенню вертикальних стояків, опалювальні прилади вже не групуються, а розтягуються уздовж стрічкового скління для скорочення зони теплового дискомфорту в приміщеннях. З'єднавши опалювальні прилади збільшеної довжини короткими трубними вставками, можна отримати послідовне горизонтальне з'єднання приладів, характерне для однотрубного стояка. У такій системі з горизонтальними гілками скорочується в порівнянні з вертикальною системою

протяжність, як стояків, так і магістралей. Горизонтальні однотрубні системи доцільно застосовувати для опалення одноповерхових будівель, будівель з періодичним опаленням приміщень на різних поверхах (наприклад, в будівлях бань і автоматичних телефонних станцій), старовинних будівель з склепінчастими перекриттями. Горизонтальний двотрубний розподіл води по опалювальних приладах в кожному поверсі застосовується в багатоповерхових будівлях лише в тих випадках, коли використання однотрубною схеми неможливе або недоцільне. Горизонтальна двотрубна система опалення частіше передбачається в одноповерхових будівлях, причому тоді магістралі і стояки функціонально поєднуються.

3.4 Опалювальні прилади і вимоги, що пред'являються до них

Опалювальні прилади — один з основних елементів систем водяного і парового опалення — призначені для передачі тепла від теплоносія в приміщення будівель, в яких необхідно забезпечити необхідний температурний режим. При теплоносії воді або іншому середовищі, що акумулює тепло за рахунок теплоємності, передача тепла в приміщення супроводжується зниженням її температури, при водяній парі — фазовим перетворенням (конденсацією) пари на воду без зміни температури.

До опалювальних приладів, що встановлюються безпосередньо в приміщеннях, пред'являються різноманітні конструктивні і експлуатаційні вимоги. Ці вимоги можуть бути зведені в наступні п'ять груп:

1. **Теплотехнічні** вимоги передачі від теплоносія в приміщення найбільшого теплового потоку через певну площу зовнішньої поверхні приладу за інших рівних умов (вид теплоносія, температура теплоносія і повітря, місце установки і т.д.). Для виконання цих вимог прилади повинні мати коефіцієнт теплопередачі не менше $k = 9 \dots 10 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$, враховуючи, що для сучасних конструкцій приладів він знаходиться в межах $k = 4.5 \div 17 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$.

2. **Економічні** вимоги, що зумовлюють застосування опалювальних приладів, і характеризуються наступними показниками: мінімальною заводською вартістю; мінімальною витратою металу (у радіаторних системах центрального опалення витрата металу на прилади досягає 60÷80 % загальної витрати металу на монтаж систем і 20 % всього металу, що витрачається на спорудження будівель).

Витрата металу на опалювальні прилади оцінюється показником теплового напруження металу приладу — відношенням величини теплового потоку при температурному перепаді в 1°С до маси металу приладу

$$\Theta = Q_{np} / (G_m \cdot \Delta t), \text{ Вт}/(\text{кг} \cdot \text{К}). \quad (3.3)$$

Очевидно, що чим більше показник Θ , тим більш економічним буде прилад по витраті металу. Збільшення цього показника пов'язане зі зменшенням маси металу, витраченого на прилад, без зменшення його теплового потоку. В даний час значення Θ змінюється від 0,19 Вт/(кг·К) для чавунних опалювальних приладів до 1,6 Вт/(кг·К) для одиночної бетонованої сталевій труби.

3. Архітектурно-будівельні вимоги — скорочення площі займаної опалювальними приладами, і забезпечення естетично сприятливого їх зовнішнього вигляду. Для виконання цих вимог прилади повинні бути достатньо компактними, тобто їх будівельна глибина і ширина, що припадають на одиницю теплового потоку, повинні бути найменшими. Ці умови в ряді випадків не відповідають санітарно-гігієнічним вимогам.

4. Санітарно-гігієнічні вимоги зумовлюють створення приладів, що мають наступні показники: найнижча температура зовнішньої поверхні (при однаковій температурі теплоносія), щоб уникнути розкладання органічного пилу; гладка поверхня для зменшення відкладення пилу і полегшення її очищення; доступність і зручність очищення приладу.

5. Виробничо-монтажні вимоги відображають необхідність підвищення продуктивності праці при виготовленні і монтажі опалювальних приладів. Конструкція їх повинна сприяти масовому виробництву, допускати застосування автоматизації виробництва і бути зручною в монтажі, тобто повинна мати мінімальне число місць з'єднань, що припадають на одиницю площі поверхні, і забезпечувати просте приєднання до труб і кріплення до огорожень.

Прилади повинні бути механічно міцними, зручними для транспортування, їх стінки – температуростійкими, паро- і водонепроникними.

Всім перерахованим вимогам одночасно задовольнити важко, і цим пояснюється різноманітність видів і типів опалювальних приладів. При цьому кожен їх тип найбільшою мірою відповідає якій-небудь групі вимог, поступаючись іншому відносно інших вимог. Наприклад, опалювальні прилади для лікувальних установ відповідають підвищеним санітарно-гігієнічним вимогам за рахунок погіршення інших показників.

3.5 Види опалювальних приладів

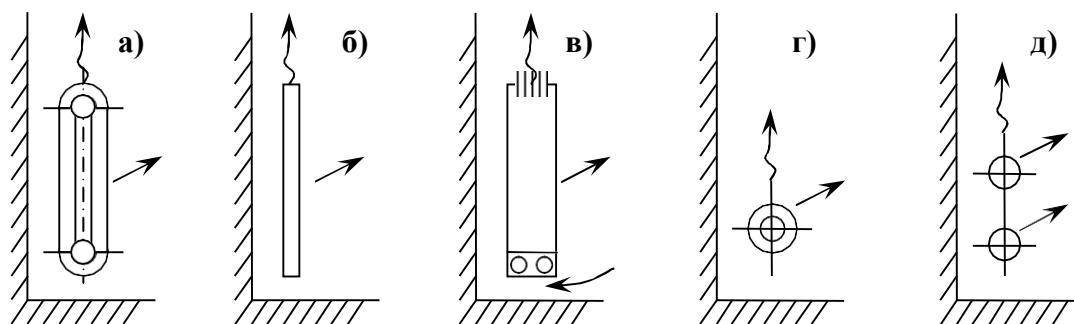
Види опалювальних приладів визначаються їх конструкцією, що зумовлює спосіб передачі тепла (переважати може конвективний або радіаційний теплообмін) від зовнішньої поверхні приладів в приміщення. Існує шість основних видів опалювальних приладів: радіатори, панелі, конвектори, ребристі труби, гладкотрубні прилади і калорифери.

За видом зовнішньої поверхні опалювальні прилади можуть бути з гладкою (радіатори, панелі, гладкотрубні прилади) і ребристою поверхнею (конвектори, ребристі труби, калорифери).

За матеріалом з якого виготовляються опалювальні прилади, розрізняють металеві, комбіновані і неметалеві прилади. Металеві прилади виконують чавунними (з сірого ливарного чавуну) і сталевими (з листової сталі і сталевих труб). У комбінованих приладах використовують бетонний або керамічний масив, в якому закладені сталеві або чавунні нагрівальні елементи (опалювальні панелі), або оребрені сталеві труби, поміщені в неметалевий (наприклад, азбестоцементний) кожух (конвектори). Неметалеві прилади є бетонними панелями з закладеними скляними або пластмасовими трубами або з порожнечами (без труб), а також фарфорові і керамічні радіатори.

По висоті всі опалювальні прилади можна поділити на високі (висотою більше 600 мм), середні (400÷600 мм) і низькі (<400 мм). Низькі прилади висотою менше 200 мм називаються плінтусовими.

Схеми опалювальних приладів п'яти видів приведені на рис. 3.6.



а — радіатор, б — панель, в — конвектор, г — ребриста труба,
д — гладкотрубний прилад

Рисунок 3.6 – Схеми опалювальних приладів:

Радіатором прийнято називати прилад конвективно-радіаційного типу, що складається з окремих колончатих елементів — секцій з каналами круглої або еліпсоподібної форми. Радіатор віддає в приміщення радіацією близько 25 % всієї кількості тепла, що передається від теплоносія, і іменується радіатором лише за традицією.

Радіатори керамічні і фарфорові виготовляються зазвичай у вигляді блоків, відрізняються приємним зовнішнім виглядом, мають гладку поверхню, що легко очищається від пилу. Мають достатньо високі теплотехнічні показники ($k = 9.5 \div 10.5 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$) і зниженою температурою поверхні порівняно з металевими приладами. При їх використанні зменшується витрата металу в системі опалення. Керамічні і фарфорові радіатори не набули широкого поширення із-за недостатньої міцності, ненадійності з'єднання з трубами,

утруднень при виготовленні і монтажі, можливості проникнення водяної пари через керамічні стінки. Застосовуються вони в малоповерховому будівництві, використовуються як безнапірні опалювальні прилади.

Широко вживані чавунні радіатори відливаються з сірого чавуну у вигляді окремих секцій і можуть компонуватися в прилади різної площі шляхом з'єднання секцій на ніпелях з прокладками із термостійкої гуми. Відомі різноманітні конструкції одно-, двух- і багатоколончатих радіаторів різної висоти, але найбільш поширені двоколончаті (рис. 3.6а) середні і низькі радіатори. Радіатори розраховані на максимальний експлуатаційний (робочий) тиск теплоносія 6 кгс/см^2 і мають порівняно високі теплотехнічні показники: $k = 9.1 \div 10.6 \text{ Вт/(м}^2 \cdot \text{К)}$.

Проте значна металоємність радіаторів $\Theta = 0.29 \div 0.36 \text{ Вт/(кг} \cdot \text{К)}$ і інші недоліки викликають заміну їх більш легкими і менш металоємними приладами. У санітарно-гігієнічному відношенні радіатори, окрім одноколончатих, не можуть вважатися такими, що задовольняють вимогам, оскільки очищення від пилу міжсекційного простору достатньо складне. Виробництво радіаторів трудомістке, монтаж складний із-за громіздкості і значної маси зібраних приладів. Але при цьому радіатори мають компонувальні переваги при непоганих теплотехнічних показниках, стійкістю проти корозії, довговічністю.

Панель — прилад конвективно-радіаційного типу малої глибини, що не має просвітів по фронту. Панель передає радіацією декілька більшу, ніж радіатор, частку теплового потоку, проте тільки стельова панель може бути віднесена до приладів радіаційного типу (що віддає радіацією більше 50 % всієї кількості тепла). Опалювальна панель може мати гладку, оребрену або хвилясту поверхню, колончаті або змієвикові канали для теплоносія.

Панелі сталеві відрізняються від чавунних радіаторів меншою масою і вартістю. Сталеві панелі розраховані на робочий тиск до 6 кгс/см^2 і мають високі теплотехнічні показники: $k = 10.5 \div 11.5 \text{ Вт/(м}^2 \cdot \text{К)}$. Панелі виготовляють двох конструкцій: з горизонтальними колекторами, з'єднаними вертикальними колонами (колончатої форми), і з горизонтальними послідовно з'єднаними каналами (змієвикою форми). Змійовик іноді виконується із сталеві труби і приварюється до панелі, прилад в цьому випадку називається листотрубчастим. Панелі задовольняють архітектурно-будівельним вимогам, особливо в будівлях з крупних будівельних елементів, легко очищаються від пилу, дозволяють механізувати їх виробництво із застосуванням автоматики. При використанні сталевих панелей скорочуються затрати праці при монтажі із-за зменшення маси металу. Зменшення маси підвищує теплове напруження металу до $\Theta = 0.55 \div 0.8 \text{ Вт/(кг} \cdot \text{К)}$. Розповсюдження сталевих панелей обмежується необхідністю застосування холоднокатаної листової сталі високої якості товщиною $1.2 \div 1.5 \text{ мм}$, стійкою по відношенню до корозії. При виготовленні зі

звичайної листової сталі, термін служби панелей скорочується із-за інтенсивної внутрішньої корозії. Сталеві панелі, окрім листотручастих, використовують в системах опалення із знекисненою водою.

Панелі бетонні виготовляють з бетонованими нагрівальними елементами змієвикової або колончатої форми із сталевих труб діаметром 15 і 20 мм; з бетонними, скляними або пластмасовими каналами різної конфігурації (неметалеві панелі). Ці прилади розташовують в огорожуючих конструкціях приміщень (суміщені панелі), або приставляють до них (приставні панелі). При застосуванні сталевих нагрівальних елементів бетонні опалювальні панелі можна використовувати при робочому тиску теплоносія до 10 кгс/см². Бетонні панелі мають теплотехнічні показники близькі до показників інших гладких приладів: $k = 7.5 \div 11.5$ Вт/(м²·К), а також високе теплове напруження металу $\Theta = 0.74 \div 1.32$ Вт/(кг·К). Панелі, особливо суміщені, відповідають строгим архітектурно-будівельним, санітарно-гігієнічним і іншим вимогам. Проте бетонні панелі не набувають достатньо широкого поширення із-за експлуатаційних недоліків (суміщені панелі) і трудності монтажу (приставні панелі).

Конвектор — прилад конвективного типу, що складається з двох елементів — ребристого нагрівача і кожуха. Конвектор передає в приміщення конвекцією не менше 75 % всієї кількості тепла. Кожух декорує нагрівач і сприяє підвищенню швидкості природної конвекції повітря у зовнішньої поверхні нагрівача. До конвекторів відносяться також плінтусові опалювальні прилади без кожуха.

Конвектори мають порівняно низькі теплотехнічні показники $k = 4.7 \div 6.5$ Вт/(м²·К). Проте їх виробництво в багатьох країнах зростає (при скороченні виробництва чавунних опалювальних приладів) із-за простоти виготовлення, можливості механізації і автоматизації виробництва, зручності монтажу. Мала металоємність сприяє підвищенню теплового напруження металу приладу ($\Theta = 0.8 \div 1.3$ Вт/(кг·К)). Прилади розраховані на робочий тиск теплоносія до 10 кгс/см². Конвектори можуть мати сталеві або чавунні нагрівальні елементи. В даний час випускаються конвектори із сталевими нагрівачами: плінтусові без кожуха; низькі без кожуха; низькі з кожухом. Застосування плінтусових конвекторів призводить до покращення теплового режиму приміщень при розміщенні їх в нижній зоні по довжині вікон і зовнішніх стін; крім того, вони займають мало місця по глибині приміщень (будівельна глибина всього 70 і 60 мм). Їх недоліками є: значна витрата листової сталі, складне очищення оребрень від пилу. Хоча пилосбираюча поверхня у них невелика (менше, ніж у радіаторів), все ж їх не рекомендується застосовувати для опалення приміщень з підвищеними санітарно-гігієнічними вимогами (у лікувальних будівлях і дитячих установах). У конвекторах з кожухом збільшується рухливість повітря, сприяючи збільшенню теплопередачі приладу. Конвектор має глибину 60÷160

мм, встановлюється на підлозі або на стіні і може бути по руху теплоносія прохідним (для з'єднання по горизонталі з іншим конвектором) і кінцевим (з калачем). Наявність клапана для повітряного регулювання дозволяє з'єднувати конвектори послідовно по теплоносію без установки арматури для регулювання його кількості. Конвектори можуть бути також зі штучною конвекцією при установці в кожусі вентилятора спеціальної конструкції.

Ребристою трубою називається відкрито встановлюваний опалювальний прилад конвективного типу, у якого площа зовнішньої тепловіддаючої поверхні не менше ніж в 9 разів перевищує площу внутрішньої теплосприймальної.

Ребристі труби виготовляють з сірого чавуну і застосовують при робочому тиску до 6 кгс/см^2 . Найбільше розповсюдження мають фланцеві чавунні труби, на зовнішній поверхні яких розміщуються тонкі підлиті круглі ребра. Зовнішня поверхня ребристої труби із-за високого коефіцієнта оребрення у багато разів більше, ніж поверхня гладкої труби такого ж діаметру (внутрішній діаметр ребристої труби 70 мм) і довжини. Компактність приладу, знижена температура поверхні ребер при використанні високотемпературного теплоносія, порівняна простота виготовлення і невисока вартість зумовлюють застосування цього малоефективного в теплотехнічному відношенні приладу: $k = 4.7 \div 5.8 \text{ Вт/(м}^2 \cdot \text{К)}$. До його недоліків також потрібно віднести незадовільний зовнішній вигляд, малу механічну міцність ребер і трудність очищення від пилу. Ребристі труби мають також низький показник теплового напруження металу: $\Theta = 0.25 \text{ Вт/(кг} \cdot \text{К)}$. Застосовують їх у виробничих приміщеннях, в яких немає значного виділення пилу, і в допоміжних приміщеннях з тимчасовим перебуванням людей.

Гладкотрубним називається прилад, що складається з декількох з'єднаних разом сталевих труб, утворюючих канали колончатої (регістр) або змієвикової (змійовик) форми для теплоносія.

Гладкотрубні прилади виконують зі сталевих труб у формі змієволиків (труби з'єднані по руху теплоносія послідовно, що збільшує його швидкість і гідравлічний опір приладу) і колонок або регістрів (паралельне з'єднання труб із зниженим гідравлічним опором приладу). Прилади зварюють з труб

$d_y = 32 \dots 100 \text{ мм}$, розташованих на відстані одна від одної не менш вибраного діаметру труб для зменшення взаємного опромінення і відповідно збільшення теплопередачі в приміщення. Гладкотрубні прилади застосовують при робочому тиску до 10 кгс/см^2 . Вони мають високі теплотехнічні показники ($k = 10.5 \div 14 \text{ Вт/(м}^2 \cdot \text{К)}$), відповідають санітарно-гігієнічним вимогам — їх пилосбиральна поверхня невелика і легко очищається. До недоліків гладкотрубних приладів відносяться їх громіздкість, обумовлена обмеженістю площі зовнішньої поверхні, незручність розміщення під вікнами, збільшення витрати стали в системі опалення. Враховуючи вказані недоліки і

несприятливий зовнішній вигляд, ці прилади застосовують у виробничих приміщеннях, в яких є значні виділення пилу, а також в тих випадках, коли не можуть бути використані прилади інших видів.

Калорифери — компактні нагрівальні прилади значної площі (від 10 до 70 м²) зовнішньої поверхні, утвореної декількома рядами оребрених труб; застосовують їх для повітряного опалення приміщень в місцевих і центральних системах. Безпосередньо у приміщеннях калорифери використовують у складі повітро-опалювальних агрегатів різних типів або для рециркуляційних повітронагрівачів. Калорифери розраховані на робочий тиск теплоносія до 8 кгс/см²; їх коефіцієнт теплопередачі залежить від швидкості руху води і повітря, тому може змінюватися в широких межах $k = 9.0 \div 35 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$.

3.6 Розрахунки нагрівальних приладів

Передача тепла від теплоносія в приміщення відбувається через стінку опалювального приладу. Інтенсивність теплового потоку визначається коефіцієнтом теплопередачі

$$Q = kF\Delta t_{cp}. \quad (3.4)$$

Середня різниця температур при теплоносії парі рівна $\Delta t_{cp} = t_{нас} - t_g$, при воді $\Delta t_{cp} = 0.5(t_{вх} - t_{вих}) - t_g$. Значення $t_{нас}, t_{вх}, t_{вих}, t_g$ — температури насичення пари, води, що входить і виходить з нагрівального приладу, внутрішнього повітря приміщення, відповідно.

Основні фактори, що визначають величину коефіцієнта теплопередачі опалювального приладу, — це конструктивні особливості приладу і умови його експлуатації.

Конструктивні особливості. Для гладкотрубних приладів коефіцієнт теплопередачі зменшується при збільшенні діаметру і числа паралельних труб. Це пояснюється зменшенням інтенсивності конвективного теплообміну на поверхні верхньої частини приладу, омиваної повітрям, що підігрілося внизу, і взаємним екрануванням поверхонь труб, розташованих близько одна до одної, внаслідок чого в приміщення потрапляє лише частина випромінювання. Зменшення коефіцієнта теплопередачі ребристих труб в порівнянні з гладкостінними приладами пояснюється падінням температури по довжині ребра і взаємним екрануванням поверхонь суміжних ребер, звернених одне до одного. Коефіцієнт теплопередачі зменшується також зі збільшенням числа ребристих труб, поміщених одна над іншою (як і для гладких труб). В секційних опалювальних приладах — радіаторів по тих же причинах на величину k впливають форма і число колонок в секції, відстань між суміжними секціями, глибина і висота секції (чим нижче секція, тим вище k), число секцій,

але загалом значення коефіцієнта теплопередачі радіаторів завжди вище, ніж ребристих труб і конвекторів. Для конвекторів, окрім відміченого вище, можна констатувати збільшення k при збільшенні висоти кожуха. Коефіцієнт теплопередачі бетонних опалювальних панелей залежить від діаметру і глибини заставляння гріючих труб в масив бетону, відстані між суміжними трубами, положення (горизонтального або вертикального) панелей і висоти вертикальних і розмірів горизонтальних панелей. Збільшенню k сприяють зменшення глибини закладення і відстані між трубами, зменшення висоти панелей, а також збільшення діаметру труб.

В експлуатаційних умовах коефіцієнт теплопередачі теплообмінних апаратів змінюється під впливом таких змінних чинників, як температурний напір Δt , швидкість теплоносія w і нагріваємого середовища v

$$k = f(\Delta t, w, v). \quad (3.5)$$

Температурний напір змінюється залежно від рівня температури двох середовищ, тобто стосовно опалювальних приладів — від температури теплоносія і температури повітря приміщення. При цьому найбільшому температурному напору відповідає найвище значення коефіцієнта теплопередачі.

Температуру найбільш поширеного теплоносія — води, прийнято обчислювати при експериментах як середньоарифметичну між температурою води, що входить і виходить з приладу, хоча насправді середня температура води в приладі нижче середньоарифметичної. Температура іншого теплоносія — пари визначається залежно від його тиску в приладі як температура насичення, цій же температурі рівна і температура конденсату в приладі.

Швидкість руху води в приладі w залежить від площі його внутрішнього перетину і витрати води. Витрата води впливає на рівномірність температурного поля на зовнішній поверхні приладу. Зі збільшенням витрати зменшується ступінь охолодження води в приладі і відмінність в температурі його окремих частин, середня температура поверхні приладу підвищується, внаслідок чого збільшується коефіцієнт теплопередачі.

Підвищена швидкість руху повітря v у зовнішньої поверхні (декілька метрів в секунду) характерна для калориферів, що зазвичай знаходяться у вимушеному потоці повітря, і їх коефіцієнт теплопередачі в значній мірі залежить від v . Для інших опалювальних приладів, навіть для конвекторів, деяка зміна рухливості навколишнього повітря не визначальний, а додатковий чинник, що впливає на коефіцієнт теплопередачі.

В процесі експлуатації значення коефіцієнта теплопередачі водяного опалювального приладу (за винятком калорифера) обумовлюється, перш за все, величиною середнього температурного напору i , крім того, кількістю води, що протікає через нього $k = f(\Delta t_{cp}, G)$, а для парового опалювального приладу

залежить тільки від температурного напору, який постійний при певному тиску пари $k = f(\Delta t_{cp})$. Результати експериментів по визначенню коефіцієнта теплопередачі можуть бути виражені наступними емпіричними формулами для пари і води як теплоносіїв, відповідно

$$k = m \cdot \Delta t^n, \quad k = m \cdot \Delta t_{cp}^n \cdot G^p, \quad (3.6)$$

де m, n, p – експериментальні чисельні коефіцієнти.

Окрім розглянутих двох основних чинників, на коефіцієнт теплопередачі опалювальних приладів впливають інші **додаткові** чинники: місце установки опалювального приладу в приміщенні і конструкція огороження приладу (при установці приладу у внутрішнього огороження коефіцієнт теплопередачі підвищується за рахунок посилення циркуляції повітря в приміщенні; декоративне огороження приладу, виконане без урахування теплотехнічних вимог, може значно знизити величину k); спосіб приєднання опалювального приладу до труб системи водяного опалення (характер циркуляції води в приладі, пов'язаний з місцем її підведення і відведення (вгорі або вниз приладу), відбивається на рівномірності температурного поля на зовнішній поверхні приладу, а, отже, і на величині коефіцієнта теплопередачі); фарбування опалювального приладу (фарби, що мають підвищену випромінювальну здатність, збільшують тепловіддачу приладу, і навпаки. Вплив фарбування пов'язаний також з конструкцією приладу. Нанесення алюмінієвої фарби на поверхню опалювальної панелі — приладу з підвищеним випромінюванням — знижує теплопередачу на 13 %. Фарбування конвекторів і ребристих труб трохи впливає на їх теплопередачу).

На значенні коефіцієнта теплопередачі позначаються також якість обробки зовнішньої поверхні, забрудненість внутрішньої поверхні, наявність повітря в приладах і інші експлуатаційні чинники. Значення коефіцієнта теплопередачі для кожного виду опалювального приладу приводиться в довідковій літературі.

Опір опалювальних приладів визначається з виразу

$$\Delta p_{np} = \lambda \frac{l}{d} \frac{\rho w^2}{2} + \sum \xi_i \frac{\rho w^2}{2}. \quad (3.7)$$

Швидкість руху теплоносія у водяних системах опалення допускається до 1,5 м/с в житлових і суспільних будівлях і до 3 м/с у виробничих приміщеннях. Значення Δp_{np} для всіх типів опалювальних приладів приведені в довідковій літературі.

3.7 Проектування систем водяного опалення

Гідравлічний розрахунок системи опалення на основі розрахункового

циркуляційного тиску є окремим етапом проектування. Цей розрахунок виконується після визначення теплових навантажень, вибору і конструювання системи, розглянутих в попередніх розділах. Таким чином, проектування системи можна розділити на чотири етапи, характерні не тільки для систем водяного, але і для систем парового і повітряного опалення.

Початковими даними для проектування системи опалення є: призначення, планування і будівельні конструкції будівлі; положення будівлі на місцевості; кліматологічні показники для місцевості; джерело теплопостачання; температура і вологість повітря в основних приміщеннях.

Розрахунок теплового режиму. Після проведення теплотехнічного розрахунку зовнішніх огорожень, розрахунку теплового режиму в приміщеннях визначаються тепловтрати, що підлягають відшкодуванню за допомогою опалювальних приладів. Теплове навантаження опалення дорівнює

$$Q_o = (1.05 \div 1.1) \sum Q_{огр} . \quad (3.8)$$

Вибір системи. На цьому етапі проектування вибираються розрахункова температура (параметри) води, вид опалювальних приладів і конструкція системи опалення з техніко-економічним обґрунтуванням ухваленого рішення в необхідних випадках. У багатоповерхових будівлях, що мають більше трьох поверхів, проектується переважно вертикальні однотрубні системи опалення. У будівлях без горища середньої поверховості використовуються однотрубні системи з нижньою прокладкою обох магістралей. У будівлях підвищеної поверховості застосовуються однотрубні системи з нижньою розводкою подавальної магістралі для створення «перекинутої» циркуляції води в стояках. У будівлях масового будівництва перевага віддається однотрубному стояку уніфікованої конструкції, який має один діаметр і довжину його елементів, що повторюється. У одноповерхових будівлях, в двох-триповерхових прибудовах до головної будівлі використовуються в основному горизонтальні однотрубні системи, можуть застосовуватися і двотрубні системи з верхньою розводкою подавальної магістралі. Чим вище будівля, тим менше повинен бути гідравлічний опір вузла кожного опалювального приладу вертикального однотрубного стояка, і, навпаки, тим більше повинен бути опір кожного приладового вузла двотрубного стояка або горизонтальної однотрубною гілки.

При виборі системи опалення будівлі необхідно враховувати особливості його теплового режиму. Це, перш за все дія інфільтрації зовнішнього повітря під впливом сил гравітації і вітру, а також сонячної радіації і особливостей технологічних тепловиділень. Взимку внаслідок інфільтрації зовнішнього повітря переохолоджуються нижні поверхи, тому в багатоповерхових будівлях доцільно використовувати системи опалення з подачею теплоносія від низу до верху (з «перекинутою» циркуляцією). Сходові клітки, ліфтові шахти і холи повинні опалюватися в основному знизу. Необхідні інтенсивний обігрів

вестибюлів, пристрій теплих тамбурів, нагрівання підлоги.

Охолоджуюча дія інфільтрації обумовлена орієнтацією огорожень приміщення і залежить від напрямку і швидкості вітру. У зв'язку з цим бажано передбачати пофасадне розділення системи опалення, що дозволяє регулювати тепловіддачу приладів залежно від швидкості і напрямку вітру, температури зовнішнього повітря, інтенсивності сонячної радіації. Таке розділення системи не виключає необхідності індивідуального ручного або автоматичного регулювання теплопередачі опалювальних приладів в окремих приміщеннях у зв'язку з різноманітністю режимів побутових і технологічних тепловиділень.

Система опалення може використовуватися для охолодження приміщень в теплий період року. В цьому випадку переважно застосовувати стельову панельно-променисту або конвекторну систему з таким розташуванням ребреної поверхні, яке виключає утворення холодних потоків повітря уздовж підлоги. При суміщених системах, коли разом з опаленням в будівлі передбачено кондиціонування повітря, система опалення в основному призначається не для компенсації тепловтрат, а для локалізації охолоджуючого впливу зовнішніх огорожень, особливо вікон.

Можуть бути і інші випадки обліку теплового режиму при виборі опалення. Наприклад, при будівництві в районах вічної мерзлоти, коли необхідно зберегти мерзлий ґрунт в підставі будівлі, доводиться відмовлятися від нижньої (у підпіллі першого поверху) прокладки магістралей в системі. В той же час при обігріві теплиць потрібно забезпечити потрібне нагрівання ґрунту і т.д. Отже, пристрої для обігріву приміщень і система опалення повинні вибиратися з урахуванням специфіки теплового режиму окремих приміщень і будівлі, оскільки тільки в цьому випадку система опалення зможе виконати свою основну роль – забезпечення у всіх приміщеннях будівлі комфортної, потрібної за функціональним призначенням, теплової обстановки в холодний період року.

Конструювання системи. Розміщують опалювальні прилади і стояки на планах кожного поверху, опалювальне устаткування в тепловому пункті будівлі, розширювальний бак (якщо він є) і магістралі системи. Магістралі передбачаються роздільними для опалювальних приладів постійної дії, для повітрянагрівачів сходових кліток і повітряних теплових завіс, для опалювальних приладів чергової або періодичної дії. Рекомендується при трасуванні магістралей передбачати можливість пофасадного регулювання дії системи опалення. При розміщенні магістралей ухвалюються також рішення по величині і напрямку ухилу, по компенсації подовження і теплової ізоляції труб, по організації руху, збору і видалення повітря, по спуску і наповненню водою системи і стояків, по виборі і розміщенню арматури. Цей етап проектування завершується конструюванням схеми труб і приладів системи опалення, основного креслення, по якому можна виявити циркуляційні кільця системи,

розділити їх на ділянки і нанести теплові навантаження.

Розрахунок системи складається з гідравлічного і теплового розрахунку нагрівальної поверхні труб і приладів. Гідравлічний і тепловий розрахунки системи опалення взаємно пов'язані і потрібне багатократне повторення розрахунків по методу ітерації для виявлення дійсної витрати води і необхідної площі нагрівальної поверхні приладів. Тому найбільш точним є розрахунок системи на ПОМ.

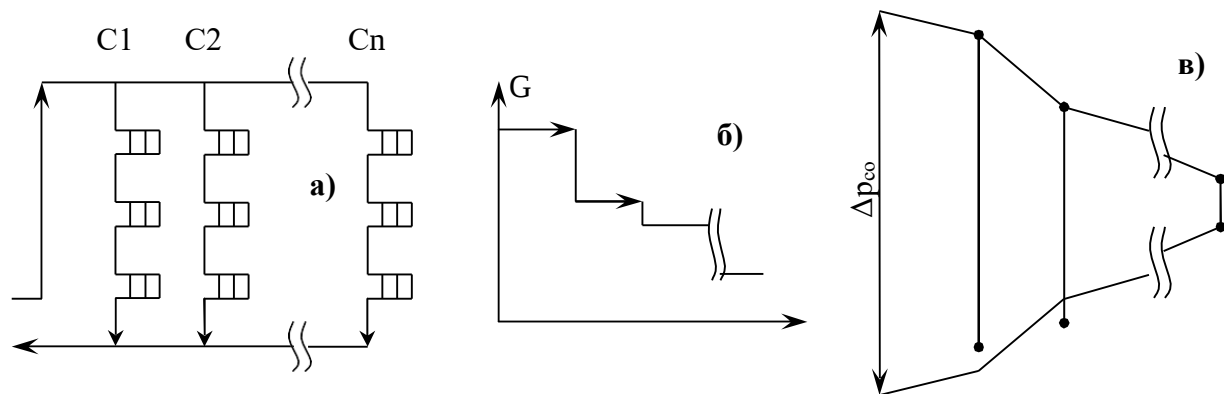


Рисунок 3.7 – Схема системи опалення (а), залежність витрати води в ній (б) і п'єзометричний графік зміни тиску (в)

Доцільним є застосування такого алгоритму розрахунку:

- 1) За відомим тепловим навантаженням кожного опалювального приладу стояка визначають витрату води по стояках

$$G_{cm} = \sum Q_i / (c_p (t_{np} - t_o)), \text{ кг/с.} \quad (3.9)$$

- 2) Визначають загальну витрату води в магістралях

$$G_m = \sum G_{cm}. \quad (3.10)$$

Вона буде ступінчасто змінюватись у вузлових точках системи стояків (рис. 3.7б).

- 3) По прийнятих значеннях швидкості води визначається діаметр трубопроводів стояків і магістралей

$$d = \sqrt{\frac{4G}{\pi w \rho}}. \quad (3.11)$$

- 4) Визначається необхідна поверхня нагрівальних приладів

$$F_i = \frac{Q_i - Q_{mp}}{k \cdot \Delta t} \beta_y, \quad (3.12)$$

де Q_{mp} – тепловіддача труб стояка; β_y – коефіцієнт, залежний від ряду чинників, що впливають на теплопередачу приладу і не врахованих коефіцієнтом теплопередачі. До таких чинників відносяться вплив охолодження води в трубах, способи установки і підведення теплоносія до нагрівального

приладу, відносна витрата води через прилад, а також число секцій в приладі.

5) Число секцій нагрівальних приладів $N_i = F_i / f_c$ округляється до більшого цілого числа. Округлення числа секцій до цілого числа приводить до відхилення температури теплоносія від розрахункового значення, а, отже, змінюється і значення теплового навантаження.

6) Визначаються втрати тиску в магістралях і перепади по стояках. Будується п'єзометричний графік по якому знаходять перепад тиску в системі опалення (рис. 3.7в). Необхідно визначити перепади тиску на всіх стояках і нанести їх на п'єзометричний графік і по неспівпадінню тиску у вузлових точках необхідно коректувати гідравлічний і тепловий розрахунки. Після коректування знаходять дійсний перепад тиску на вході в систему опалення, по якому вибирають для установки насоси або елеватори.

Гідравлічний розрахунок системи опалення може бути виконаний двома способами: з рівним і нерівним (з постійним і змінним) перепадом температури води в стояках. Розрахунок з рівним перепадом температури води в стояках полягає в підборі діаметру труб по заданій витраті води на всіх ділянках системи. Розрахунок з нерівним перепадом температури води в стояках полягає у визначенні витрати і температури зворотної води в кожному стояку по заданому діаметру труб на всіх ділянках системи.

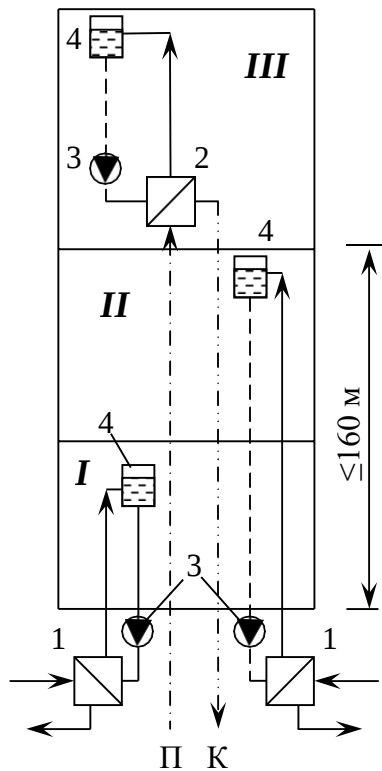
3.8 Опалення висотних будівель

Санітарно-технічні пристрої у висотній будівлі зонуються — діляться на частини (зони) певної висоти, між якими розміщуються технічні поверхи. У опаленні, вентиляції і водопостачанні висота зони визначається величиною допустимого тиску води в нижніх приладах або кранах і можливістю розміщення устаткування, повітропроводів, труб і інших комунікацій на технічному поверсі.

Залежно від величини гідростатичного тиску, допустимого для окремих видів опалювальних приладів і арматури, висота зони не повинна перевищувати (з деяким запасом) 55 м при використанні чавунних і сталевих приладів і 90 м для приладів із сталевими гріючими трубами.

В межах однієї зони система водяного опалення при водяному теплопостачанні влаштовується по незалежній схемі, тобто гідравлічно ізольованою від зовнішньої теплової мережі і від інших систем опалення. Така система має власні водо-водяний теплообмінник, циркуляційний і підживлювальний насоси, розширювальний бак.

Число зон по висоті будівлі, як і висота окремої зони, визначається допустимим гідростатичним тиском, але не для опалювальних приладів, а для устаткування в тепловому пункті, розташованому зазвичай в підвальному поверсі. Водо-водяні теплообмінники і насоси, виготовлені по спеціальному замовленню, витримують робочий тиск 16 кгс/см². Це означає, що висота будівлі при водо-водяному опаленні гідравлічно ізольованими системами



- I та II — зони з водо-водяним опаленням; III — зона з пароводяним опаленням;
 1 — водо-водяний теплообмінник;
 2 — пароводяний теплообмінник;
 3 — циркуляційний насос; 4 — розширювальний бак

Рисунок 3.8 – Принципова схема комбінованого опалення висотної будівлі

обмежується межею в 150÷160 м. У такій будівлі можуть бути влаштовані дві (висотою 75÷80 м) або три (висотою 50÷55 м) зональні системи опалення, причому гідростатичний тиск в устаткуванні системи опалення верхньої зони, що знаходиться в підвальному поверсі, досягне розрахункової межі.

У будівлях висотою 160÷250 м застосовується комбіноване опалення (рис. 3.8): крім водо-водяного опалення в нижніх (до 160 м), в зоні понад 160 м влаштовується пароводяне опалення. Теплоносій пара, що відрізняється незначним гідростатичним тиском, подається на технічний поверх під верхньою зоною, де обладнується ще один тепловий пункт. У ньому встановлюють пароводяний теплообмінник 2 і циркуляційний насос 3, прилади для якісно-кількісного регулювання. У будівлях висотою більше 250 м передбачають нові зони пароводяного опалення. У кожній зональній системі опалення є свій розширювальний бак 4, обладнаний системою електричної сигналізації і управління підживленням системи.

Для систем опалення висотних будівель характерні ділення їх в межах кожної зони по сторонах світла (по фасадах), автоматизація регулювання і дії. Для спорожнення окремих стояків або частин системи на технічних поверхах прокладають дренажні лінії. На час дії системи щоб уникнути витоку води дренажна лінія виключається загальним вентилям перед розділовим водостічним бачком.

Контрольні питання до розділу 3

1. Види та принцип дії водяних систем опалення зі штучною циркуляцією.
2. Принцип дії водяних систем опалення з природною циркуляцією.
3. Які переваги та недоліки мають системи з природною та штучною циркуляцією?
4. Які використовуються схеми водяних систем опалення?
5. Які бувають системи водяного опалення за напрямом руху води?
6. Що таке опалювальний прилад?
7. Які вимоги пред'являються до опалювальних приладів?
8. Які основні види опалювальних приладів існують?
9. По яким показникам проводять зіставлення опалювальних приладів?
10. Від яких чинників залежить коефіцієнт теплопередачі опалювальних приладів?
11. Яким чином розраховується теплопередача та гідравлічний опір опалювальних приладів?
12. За яким алгоритмом проводиться проектування та розрахунок систем водяного опалення?
13. Якими відмінностями характеризується система опалення висотної будівлі в порівнянні з іншими видами будівель?

РОЗДІЛ 4

ПАРОВЕ, ПОВІТРЯНЕ І ПАНЕЛЬНО-ПРОМЕНИСТЕ ОПАЛЕННЯ. МІСЦЕВІ СИСТЕМИ ОПАЛЕННЯ

4.1 Парові системи опалення

В системах парового опалення застосовується суха насичена пара і використовується її властивість при конденсації виділяти приховане тепло випаровування. Пара з котлів по паропроводах поступає в опалювальні прилади, встановлені в приміщеннях. У приладах пара конденсується (конденсат у вигляді плівки стікає по стінках приладу вниз) і тепло через стінки приладів передається в приміщення. Конденсат відводиться з приладів по конденсатопроводам в збірні конденсатні баки, звідки насосами, а в окремих випадках самопливом прямує в котли.

Системи парового опалення підрозділяються на вакуум-парові — абсолютний тиск $<0,1$ МПа, низького тиску — надлишковий тиск $0,005 \div 0,07$ МПа і високого тиску — надлишковий тиск $>0,07$ МПа. Максимальний тиск пари обмежується допустимою температурою нагрівальних приладів, яка не повинна перевищувати 150°C .

Парові системи низького тиску підрозділяються на: відкриті (що сполучаються з атмосферою), і закриті (що не сполучаються з атмосферою).

За способом повернення конденсату в котли системи бувають замкнуті — з безпосереднім поверненням конденсату в котел і розімкнені — з поверненням конденсату в конденсатний бак і з подальшим перекачуванням його з баку в котел.

За схемою з'єднання труб з приладами системи можуть бути двотрубні і однотрубні (ті та інші з верхньою, нижньою і середньою розводкою, з сухим і мокрим конденсатопроводом), з попутним рухом пари і конденсату і тупиковим.

Сухими називаються конденсатопроводи, перетини яких не повністю заповнені конденсатом, а при перервах в роботі системи не заповнені водою. Мокрим називаються конденсатопроводи, які завжди заповнені водою.

Системи парового опалення в порівнянні з системами водяного опалення мають наступні **переваги**:

1) менші витрати засобів на устрій і меншу витрату металу (площа нагрівальної поверхні приладу в парових системах опалення низького тиску на $25 \div 30$ %, а в системах високого тиску до 50 % менше, ніж в системах водяного опалення);

2) менший діаметр конденсатних труб, а отже, і менша витрата металу на труби;

3) швидке прогрівання приміщення і можливість швидкого виключення

систем (при малій тепловій інерції систему можна використовувати для періодичного опалення);

4) малий гідростатичний тиск, що забезпечує можливість застосування парового опалення у висотних будівлях;

5) менша небезпека замерзання води в трубах.

До **недоліків** систем парового опалення слід віднести:

1) відсутність можливості центрального якісного регулювання. При зовнішній температурі вище розрахункової пара в систему подається з пропусками, що є причиною значних коливань температури в приміщеннях і шуму в системі;

2) перевищення температури поверхні опалювальних приладів понад гігієнічну межу, що є причиною розкладання органічного пилу, який осідає на них;

3) менший термін експлуатації (швидка корозія труб, в першу чергу конденсатопроводів);

4) підвищені некорисні втрати тепла паропроводами;

5) можливі гідравлічні удари і шум в паропроводах (особливо в парових системах високого тиску). Часті порушення щільності з'єднань паропроводів із-за різких температурних деформацій.

Системи парового опалення застосовуються в допоміжних будівлях і промислових підприємствах, в побутових приміщеннях і невеликих комунальних підприємствах (лазнях, пральнях і ін.).

4.2 Повітряне опалення

Повітряне опалення має багато спільного з іншими видами централізованого опалення. І повітряне і водяне опалення засновані на принципі передачі тепла опалювальним приміщенням шляхом охолодження теплоносія. У центральній системі повітряного опалення, як і в системах водяного і парового опалення, є генератор тепла — центральна установка для нагрівання повітря і теплопроводи — канали для переміщення теплоносія повітря.

Відмінністю є те, що в системі повітряного опалення відсутні опалювальні прилади: гаряче повітря передає акумульоване їм тепло безпосередньо опалювальному приміщенню, змішуючись з внутрішнім повітрям і рухаючись уздовж поверхні огорожень. Радіус дії повітряного опалення може бути звужений до одного приміщення, опалювального одним або декількома водяними або паровими повітрянагрівачами. В цьому випадку повітряне опалення стає місцевим і перетворюється, по суті, у водяне або парове опалення (але потужність повітрянагрівача значно більше потужності одного

звичайного опалювального приладу і в приміщенні може бути створена інтенсивна циркуляція повітря).

Для повітряного опалення характерне також підвищення санітарно-гігієнічних показників повітряного середовища приміщення. Можуть бути забезпечені рухливість повітря, сприятлива для нормального самопочуття людей, рівномірність температури приміщення, а також зміна, очищення і зволоження повітря. Крім того, при устрої системи повітряного опалення досягається економія металу. Можливість поєднання повітряного опалення з припливною вентиляцією в холодний період, з охолодженням приміщень в літній період зближує повітряне опалення з вентиляцією і кондиціонуванням повітря і визначає область його застосування в промислових, цивільних і сільськогосподарських будівлях.

Властивість гарячого повітря швидко нагрівати приміщення використовується при здійсненні періодичного або чергового опалення.

Разом з тим повітряне опалення не позбавлене істотних недоліків. Як відомо, площа поперечного перетину і поверхні повітропроводів із-за малої теплоакумуючої здатності повітря у багато разів перевищують перетин і поверхню водопроводів. У мережі значної довжини повітря помітно охолоджується, не дивлячись на те, що повітропроводи покривають тепловою ізоляцією. По цих причинах застосування центральної системи повітряного опалення порівняно з іншими системами за приведеними витратами може опинитися економічно недоцільним. У розгалуженій мережі багатоповерхової будівлі можливе також порушення в процесі експлуатації розподілу повітря по приміщеннях, що і показав досвід застосування повітряного опалення в житлових будівлях в 60-х роках минулого сторіччя. Місцеве повітряне опалення не має перерахованих недоліків, проте не позбавлене негативних рис, обумовлених розміщенням опалювального устаткування безпосередньо в приміщенні.

Необхідність усунення опалювальних приладів з приміщення може перешкоджати використанню місцевого повітряного опалення. Якщо до того ж потрібно забезпечити ряд приміщень припливною вентиляцією, то тільки при центральній системі повітряного опалення спільно виконуються обидві ці умови.

Гравітаційні і вентиляторні системи повітряного опалення можуть бути місцевими і центральними. У місцевих системах повітряного опалення рекомендується встановлювати не менше двох легко-опалювальних агрегатів так, щоб нагріте повітря подавалося зверху похилими струменями у напрямі робочої зони приміщення.

Місцеві системи і центральні системи за схемою нагріву повітря можуть бути повністю рециркуляційні, частково-рециркуляційні і прямоточні. Всі центральні системи каналні, раціональність використання тієї або іншої схеми

для приміщень визначається санітарно-гігієнічними і економічними показниками. Найвищі експлуатаційні витрати у прямоточних систем опалення, використання цих систем обґрунтоване тільки для тих приміщень, де виділяються шкідливі для життєдіяльності людей гази і пари рідин, тобто для приміщень, в яких повторне використання нагрітого повітря неможливе. Застосування рециркуляційних систем і систем з частковою рециркуляцією економічніше, особливо при використанні природної циркуляції повітря в приміщеннях.

Доцільність використання місцевої або центральної системи повітряного опалення встановлюється необхідністю в теплоті приміщень і витратою нагрітого повітря. Збільшуючи температуру нагрітого повітря, можна знизити і витрату повітря, що проходить через систему повітряного опалення. Проте існує гранична температура нагрітого повітря, яке може подаватися в приміщення з тривалим перебуванням людей. Вона не повинна перевищувати $t_2 = +60\text{ }^{\circ}\text{C}$, оскільки при більшому значенні повітря втрачає ряд важливих санітарно-гігієнічних властивостей, необхідних для дихання людей.

Виняток становлять повітряні теплові завіси біля зовнішніх воріт і теплотехнічних отворів будівель і споруд, для них допустима температура нагрітого повітря $t_2 \leq 70\text{ }^{\circ}\text{C}$. Теплові завіси нагрівають холодне повітря, що протікає ззовні, а також відсікають холодні маси зовнішнього повітря від повітряного простору приміщень в технологічних отворах, дверях, кімнатах при їх відкритті. В даний час для воріт і технологічних отворів застосовують високошвидкісні повітряні завіси шибєрного типу ($v \geq 25\text{ м/с}$), а для дверей — завіси типу змішувача ($v \leq 8\text{ м/с}$).

4.3 Панельно-променисте опалення

Панельно-променистим називається опалення приміщення панелями, при якому середня температура всіх поверхонь, обернених в приміщення, перевищує температуру повітря. Як видно з визначення, опалення відноситься до панельно-променистого по сукупності двох ознак. Перша ознака — необхідна, але не достатня — система опалення повинна бути панельною, тобто з опалювальними приладами, що мають суцільну гладку нагрівальну поверхню. Друга ознака — панельне опалення повинне створювати в приміщенні температурну обстановку, характерну для променистого способу обігріву.

Системи панельно-променистого опалення можуть бути центральними і місцевими. До **місцевого** відноситься опалення високотемпературними приладами (панелями і плафонами з відбивними екранами): для нагрівання приладів використовуються електрична енергія і гарячі гази (температура

поверхні до $800 \div 850$ °С). Для **центрального** панельно-променистого опалення з теплоносіями водою, паром і повітрям характерне використання інфрачервоного випромінювання при порівняно низькій температурі поверхні панелей (зазвичай нижче 100 °С).

При панельно-променистому опаленні приміщення обігрівається головним чином за рахунок променистого теплообміну між гріючою панеллю і поверхнею огорожень. Випромінювання від панелі, потрапляючи на поверхню огорожень і предметів, частково поглинається, частково відбивається. При цьому виникає так зване вторинне випромінювання, яке в решті-решт теж поглинається предметами і огороженнями. Завдяки променистому теплообміну підвищується температура внутрішньої поверхні всіх огорожень в порівнянні з температурою при конвективному опаленні, а температура поверхні внутрішніх огорожень в більшості випадків перевищує температуру повітря приміщення

Опалювальна панель є складовою частиною захисних конструкцій і може бути розміщена в стелі, підлозі, внутрішніх або зовнішніх стінах приміщення. Тому система панельного опалення відповідно називається стельовою, підлоговою або стіною. Місцезаляження панелі вибирається на підставі технологічних, гігієнічних і техніко-економічних міркувань.

У системах панельного опалення будівель розрізняють дві конструкції панелей: 1) суміщені — гріючі панелі представляють одне ціле із захисними конструкціями будівлі (канали для теплоносія влаштовують у внутрішніх і зовнішніх панельних стінах, в несучих плитах перекриттів і сходових майданчиків при їх виготовленні); 2) приставні — гріючі бетонні панелі виготовлені окремо і змонтовані поряд або у виїмках будівельних конструкцій.

Суміщені панелі найповніше відповідають завданням комплексної механізації будівництва будівель — система опалення монтується в процесі збирання будівлі. При використанні приставних панелей ступінь індустріальності монтажу залежить від виду панелей.

Передача тепла тільки випромінюванням можлива лише в безповітряному просторі. У приміщенні променистий теплообмін завжди супроводжується конвективним. Тепло випромінювання розподіляється по поверхні огорожень нерівномірно: пропорційно косинусу кута напряму випромінювання до нормалі випромінюючої поверхні. При цьому внаслідок відмінності температури поверхонь виникає рух повітря в приміщенні, який посилюється завдяки розвитку низхідних потоків повітря у поверхонь, що охолоджуються. В результаті опалювальна панель частину тепла передає конвекцією повітря, що переміщається у її поверхні.

Розміщення опалювальної панелі в стелі затрудняє конвективний теплоперенос, і в теплопередачі панелі теплообмін випромінюванням складає $70 \div 75$ %. Гріюча панель в підлозі активізує теплоперенос конвекцією, і на долю

теплообміну випромінюванням доводиться всього 30÷40 %. Вертикальна панель в стіні залежно від висоти передає випромінюванням 30÷60 % всього тепла, причому частка теплообміну випромінюванням зростає із збільшенням висоти панелі. Лише стельове панельне опалення, що передає в приміщення випромінюванням більше 50 % тепла, може бути назване променистим. При підлоговому опаленні, а також майже завжди при стінному в загальній теплопередачі панелей переважає конвективний теплоперенос. Проте спосіб опалення — променистий або конвективний — характеризується не домінуючим способом подачі тепла, а температурною обстановкою в приміщенні.

Самопочуття людини істотно покращується при підвищенні частки конвективного теплообміну в загальній тепловтраті її тіла і зменшенні випромінювання на холодні поверхні (радіаційного охолодження). Це якраз і забезпечується системою панельно-променистого опалення, при використанні якої завдяки підвищенню температури внутрішньої поверхні огорожень приміщення втрата тепла людиною випромінюванням зменшується. Одночасно знижується проти звичайної температура повітря в приміщенні, у зв'язку з чим збільшується конвективний теплообмін, що сприяє доброму самопочуттю людини. Створенню комфортних умов сприяє також деяке підвищення відносної вологості при зниженні температури повітря приміщення. Встановлено, що в звичайних умовах добре самопочуття людей забезпечується при температурі повітря в приміщенні 17,4 °С при стінних опалювальних панелях і 19,3 °С — при радіаторній системі опалення. Гранична температура поверхні підлогової опалювальної панелі визначається рухливістю людей, видом взуття і залежить від температури повітря на висоті 1 м.

Гранична середня температура поверхні стельової опалювальної панелі залежно від висоти приміщення дорівнює: 28 °С (від 2,5 до 2,8 м), 30 °С (до 3 м), 33 °С (до 3,4 м). Допустима температура поверхні панелі тим вище, чим більше відстань від людини до панелі і менше ширина, а також площа панелі.

Допустима середня температура поверхні підлогової панелі залежить від призначення приміщення і рухливості людини в ньому. У дитячих і житлових кімнатах ця температура не повинна перевищувати 24 °С, у виробничих приміщеннях 26 °С. У приміщеннях з тимчасовим перебуванням людей (вестибюлі, вокзали, сходові клітки, санітарні вузли) — 30 °С. У окремих приміщеннях, де люди знаходяться в постійному русі (закриті басейни і т.п.), температура поверхні підлогових панелей може бути підвищена до 34 °С; при епізодичному перебуванні людей (ангари і т.д.) — до 35 °С.

Для стінних опалювальних панелей допустима найбільш висока температура поверхні. Розрахункова температура поверхні низьких панелей, розташованих в зоні до 1 м від поверхні підлоги, приймається по Будівельних нормах і правилах від 75 до 95 °С, температура поверхні стінних панелей в зоні

вище за 1 м від поверхні підлоги по гігієнічних міркуваннях на висоті до 3,5 м не повинна перевищувати 45 °С, якщо приміщення призначене для тривалого перебування людей. Понад 3,5 м ця температура не нормується.

Теплоносієм в системах панельного опалення є переважно гаряча вода. При використанні води завдяки її відносно невисокій температурі розігрівання бетонних панелей відбувається повільно і не супроводжується виникненням тріщин, що буває при швидкому нагріванні панелей парою. Застосування води дозволяє проводити центральне якісне регулювання систем. При циркуляції води по сталевих трубах панелей внутрішня корозія їх відбувається менш інтенсивно, чим при використанні пари. Внаслідок значної теплової інерції бетонних панелей важлива властивість пари — швидко нагрівати приміщення — до певної міри втрачає своє значення. По цих причинах пара рідко застосовується в центральних системах панельного опалення. Використання нагрітого повітря як теплоносія в системах панельного опалення дозволяє економити метал, не створює небезпеки течі, спрощує монтаж і ремонт систем. Проте для застосування повітря в системах панельного опалення необхідно влаштовувати канали значних розмірів, як у внутрішніх стінах, так і в перекриттях будівлі. Нагрівання панелей електрикою може бути здійснене без великих утруднень. Можна застосовувати гріючі панелі із струмопровідної листової гуми з температурою поверхні, що не перевищує 40 °С; панелі з електропровідного бетону із заданими електричними властивостями. Проте електричне опалення відрізняється збільшеними експлуатаційними витратами в порівнянні з іншими видами опалення в районах з високим тарифом на електроенергію.

Розрахункова температура води, що обігріває стінні бетонні панелі, зазвичай не виходить за межі 100 °С, із-за можливості дегідратації цементного каменя і зниження міцності бетону. Якщо в системі опалення будівлі опалювальними приладами вибирають тільки бетонні панелі, то розрахункову температуру гарячої води приймають при стінних опалювальних панелях 95 °С; при підлогово-стельових опалювальних панелях нижче 95 °С залежно від конструкції і розмірів панелей, а також допустимої температури на їх поверхні.

Панельно-променисте опалення застосовується в загальних кімнатах дитячих садів і ясел, в операційних, родових, наркозних і інших приміщеннях лікувальних установ, в плавальних басейнах і спортивних залах, у вестибюлях (теплі підлоги) громадських будівель, для обігріву основних приміщень вокзалів, аеропортів, ангарів, високих складальних цехів, виробничих приміщеннях з особливими вимогами до чистоти (виробництво харчових продуктів, збірка точних приладів і т.п.). Такий спосіб опалення доцільно застосовувати в районах з суворими кліматичними умовами при зниженій температурі внутрішньої поверхні зовнішніх огорожень.

4.4 Газове опалення

Газ широко застосовується для опалення будівель, як при централізованому теплопостачанні, так і при місцевому опаленні. Газ використовується в системах централізованого опалення для обігріву парових або водогрійних котлів, в системах квартирної опалення для обігріву генераторів тепла, для обігріву опалювальних печей, в газових опалювальних приладах, в газових опалювально-вентиляційних агрегатах. При використанні газу в місцевих системах переваги його виявляються найбільшою мірою.

Газ, як паливо, володіє наступними недоліками. За наявності окислу вуглецю в продуктах згорання і проникненні їх в приміщення погіршуються санітарні умови в будівлі, а при високих концентраціях окислу вуглецю CO і при витоку газу з газопроводів може бути отруєння людей. При витоках природного або штучного газу в приміщенні може утворитися вибухонебезпечна концентрація. Наявність відкритого вогню в газових приладах підвищує їх пожежну небезпеку. Вказані недоліки можуть бути повністю або в значній мірі усунені шляхом створення раціональних конструкцій спеціальних газових опалювальних приладів, оснащених автоматикою безпеки.

Системи газового опалення обладнані газовими опалювальними печами, газовими камінами, газовими водонагрівачами, газовими повітронагрівачами, газовими інфрачервоними випромінювачами.

Газові опалювальні печі є печами малої теплоємності, в яких газ згорає в топковому пристрої а продукти згорання відводяться в газохід. ККД газових печей (до 90 %) приблизно на 30 % вищий, ніж ККД таких же видів печей, що працюють на твердому паливі. Відмітною особливістю газових опалювальних печей є рівномірність нагріву зовнішньої поверхні по периметру печі. Теплопередача від газових опалювальних приладів в навколишнє середовище здійснюється як випромінюванням, так і конвекцією.

Газові каміни використовують в житлових приміщеннях як неосновні джерела теплоти в системах опалення будівель. Газові каміни можуть бути радіаційної і конвективної дії. ККД досягає 80 %.

У житлових будинках водяні системи квартирної опалення часто обладналися спеціальними газовими джерелами теплоти — **газовими водонагрівачами**. Водонагрівач працює в режимі нагріву води до температури 80÷90 °С. Можуть застосовуватися як для опалення приміщень, так і для гарячого водопостачання. ККД до 80 %.

Газові повітронагрівачі використовують в системах повітряного опалення будівель як додаткові джерела теплоти у поєднанні з іншими системами при натовпі споруджень а також як аварійні джерела теплоти. У газових **повітронагрівачах** теплота згорання газу через продукти згорання

передається повністю або частково холодному повітрю, що нагнітається через апарат. При теплопередачі через стінку ККД прямоточних або циркуляційних газових **повітронагрівачів** досягає 70÷90 %, а у апаратів змішувачів при безпосередньому змішенні продуктів згорання газу і повітря ККД зростає до 100 %.

Газові інфрачервоні випромінювачі (ГІВ) є опалювальними приладами газового променистого опалення, призначеними для локального обігріву окремих робочих місць в приміщенні, відкритих монтажних і складальних майданчиків. Газові інфрачервоні випромінювачі обладнують пальниками ежекційного типу для газу низького тиску з повним попереднім змішенням газу і повітря. Теплова потужність ГІВ складає 3,7÷4,5 кВт, вони різні по конструктивному виконанню, але принцип дії у всіх ГІВ однаковий. Газ, виходячи з сопла, створює зону розрідження, в яку ежектується повітря при $\alpha = 1.05 \div 1.1$. У дифузорі змішувача газоповітряна суміш остаточно переміщується і поступає в розподільну камеру, де (завдяки значним розмірам камери) створюється однаковий статичний тиск на внутрішню поверхню керамічних плиток. Внаслідок цього швидкості руху газоповітряної суміші по циліндрових каналах також однакові, що сприяє рівномірному горінню газоповітряної суміші тонким шаром над зовнішньою поверхнею плиток. Температура випромінюючої поверхні плиток в пальниках складає 800÷900 °С. Важливою умовою безпечної роботи ГІВ є забезпечення допустимих значень радіаційної дії променистого опалення, які приводяться в спеціальній літературі.

4.5 Електричне опалення

Електроопалювальні прилади можуть бути: стаціонарними і переносними; безінерційними і з акумуляцією теплоти; нерегульованими і регульованими (ступінчасто, безступінчасто, автоматично). Електричні опалювальні прилади, що здійснюють пряме перетворення електричної енергії в теплову, підрозділяються на високотемпературні з температурою гріючих поверхонь вище 70 °С і низькотемпературні 25÷70 °С. Високотемпературні і низькотемпературні прилади — це, як правило, прилади, принцип дії яких заснований на променисто-конвективній тепловіддачі. До них відносяться масляні радіатори, електрокаміни, рефлектори-відбивачі, підвісні панелі, гріючі шпалери, панелі з гріючим кабелем і інші прилади, виконані з вогнетривких матеріалів із закладеними в масив спіралями і іншими гріючими елементами провідників. Як матеріали провідників для електроопалювальних приладів найширше застосовують ніхром (сплав нікелю з хромом), константан, нікелін (сплав нікелю з міддю), платино-срібло і корозійностійку сталь.

У приладах електричного опалення електрична енергія переходить в тепло. Провідник навивають зазвичай у вигляді спіралі, діаметр витків якої $6 \div 12$ мм. Не рекомендується прямолінійна накатка дроту, оскільки виходять великі габарити приладів, що може привести до короткого замикання при провисанні дротів і розширенні їх при нагріванні. Спіралі з дроту часто виготовляють з перемикачем для різних ступенів нагріву. Щоб уникнути опіків спіралі поміщають в сітчастий корпус.

До високотемпературних теплоємних приладів відносяться електрорадіатори: металевий із заповненням маслом і фарфоровий із заповненням водою. Передача тепла в приміщення в цих приладах здійснюється випромінюванням і конвекцією. До високотемпературних не теплоємних приладів відноситься портативний електроприлад — рефлектор. Він складається з керамічного конуса з жолобками, в яких намотані гріючі спіралі опору. Конус розміщений в оптичному дзеркалі — відбивачі потоку теплових променів. Дзеркало забезпечене запобіжною сіткою. Основний спосіб передачі тепла — випромінювання.

Низькотемпературні теплоємні прилади виконують з вогнетривкого матеріалу, в масив якого в спеціальних трубках закладають спіралі, що нагріваються електричним струмом. Прилади виконують у вигляді печей або у вигляді електропанелей, що розміщуються в конструкціях стін і стелі. До низькотемпературних не теплоємних приладів відносяться електроконвектори.

Інфрачервоні обігрівачі використовують в системах опалення як додаткові джерела для безпосереднього обігріву окремих зон опалювальних приміщень або як основне джерело опалення в неопалювальних приміщеннях при виробництві тимчасових робіт. Їх застосовують також при аварійно-ремонтних роботах на зовнішніх комунікаціях систем тепло- і водопостачання, телефонних і електрифікаційних мережах. Інфрачервоне випромінювання не поглинається повітрям. Потрапляючи на тіло людини або тварини інфрачервоне випромінювання нагріває підшкірні шари на значній глибині тіла, що забезпечує підтримку теплового балансу організму і теплового комфорту навіть після припинення надходження потоку променистої енергії.

Електрокотли завдяки малій масі устаткування, простоті і надійності експлуатації широко застосовують в системах опалення будівель північних регіонів. У системах опалення застосовують електрокотли типу ЕКВ з номінальною потужністю $N = 9 \div 1000$ кВт і типу ЕКУ з номінальною потужністю $N = 3.5 \div 90$ кВт, що функціонують на змінному струмі. Універсальні електрокотли типу ЕКУ, призначені як для опалення, так і для гарячого водопостачання будівель, обладнані ТЕНами (трубчастими електронагрівачами). ТЕНи нагрівають воду за рахунок свого розігрівання, обумовленого потужністю електричного струму і активним опором провідника ТЕНа. Дані електрокотли здатні нагрівати воду до $70 \div 95$ °С при робочому

тиску в котлі $p = 0.25$ МПа. Електрокотли забезпечені системою автоматичної підтримки температури води в них і можуть бути підключені до АСК підтримки температури повітря в приміщенні.

Електричне опалення має наступні **переваги**:

- 1) відсутність продуктів згорання;
- 2) не потрібний пристрій каналів або труб для видалення продуктів згорання в атмосферу;
- 3) простота і швидкість монтажу електропроводки до нагрівальних приладів;
- 4) легкість транспортування нагрівальних приладів (невелика маса);
- 5) менші (в порівнянні з іншими видами опалення) первинні витрати на пристрій;
- 6) високий ККД електричних приладів (до 100 %);
- 7) не потрібні склади і транспорт для доставки палива;
- 8) відсутність забруднення атмосфери міст;
- 9) легка автоматизація процесів теплопередачі.

Недоліками електричного опалення є:

- 1) висока температура відкритих витків дротів у деяких нагрівальних приладів, у зв'язку з чим за гігієнічними показниками вони знаходяться на останньому місці;
- 2) небезпека в пожежному відношенні;
- 3) висока відпускна вартість електроенергії.

Контрольні питання до розділу 4

1. Принцип дії та види систем парового опалення?
2. У чому полягає сутність процесу повітряного опалення?
3. Які основні види панельно-променистого опалення існують та в чому полягає їх дія?
4. Які допустимі температурні діапазони для опалювальних панелей?
5. Яке обладнання мають системи газового опалення?
6. Які види електричного опалення використовуються у сучасності?
7. Які основні переваги та недоліки всіх видів опалення?

РОЗДІЛ 5

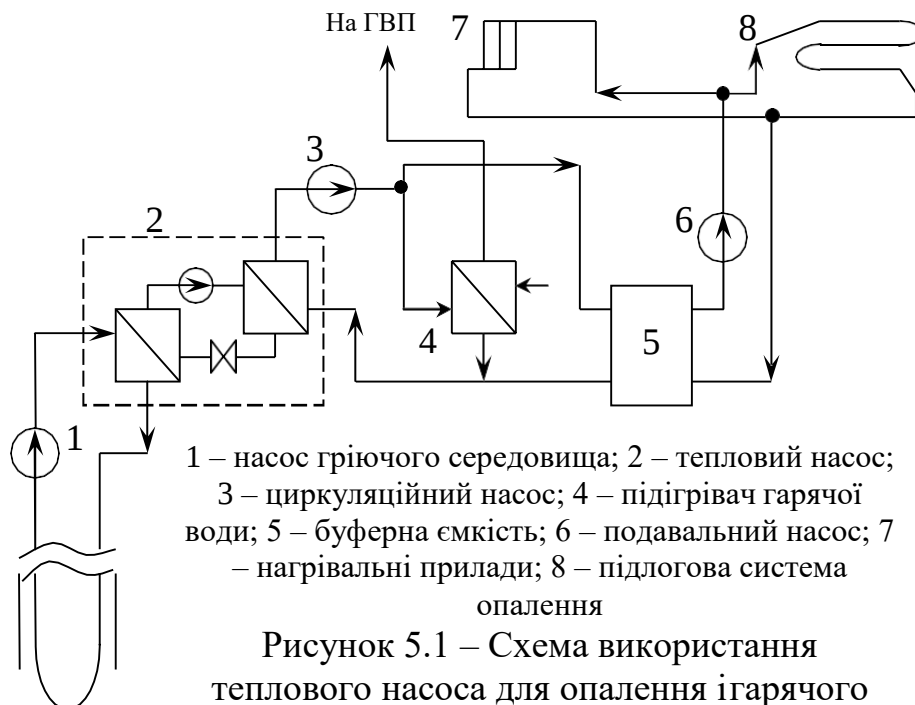
НЕТРАДИЦІЙНІ ДЖЕРЕЛА ОПАЛЕННЯ

5.1 Опалення за допомогою теплових насосів

Використання теплових насосів для опалення є способом альтернативним іншим способам, таким як спалювання органічного палива, центральне парове або водяне опалення, електрообігрів і ін.

Тепловим насосом (ТН) називається машина, яка поглинає низькопотенційну теплоту із зовнішнього середовища (грунту, води або повітря) і передає її в систему теплопостачання споживачів у вигляді нагрітої води.

У роботу закладена схема роботи холодильного контура і використання фреону як холодоагенту. Схематично робота теплової помпи представлена на рис. 5.1. Основними компонентами ТН є: випарник, компресор, конденсатор і дросельний клапан. Через дросельний клапан рідкий фреон при температурі біля $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$ і тиску 3,5 бар поступає у випарник. У випарнику фреон «забирає» тепло з первинного джерела (наприклад, ґрунтова вода або зовнішнє повітря). При цьому фреон переходить в пароподібний стан, а температура підвищується до $-3\text{ }^{\circ}\text{C}$. Після цього пароподібний фреон поступає в компресор, де стискається до 24 бар, а його температура підвищується до $+70\text{ }^{\circ}\text{C}$. Далі фреон прямує на



конденсатор, де переходить в рідкий стан, охолоджуючись до $+42\text{ }^{\circ}\text{C}$ і віддаючи тепло в систему опалення або гарячого водопостачання. Після конденсатора рідкий фреон поступає на дросельний клапан, де в результаті того, що

дроселюється потік, тиск фреону знижується до первинних 3,5 бар, а температура до -10°C . На цьому цикл замикається і повторюється знову.

Сучасні ТН дають можливість у вторинному контурі, тобто в системі опалення отримувати теплоносії з температурою до $+65^{\circ}\text{C}$. Таким чином, теплові помпи можна використовувати в системах «теплої підлоги», гарячого водопостачання або для обігріву басейнів. Якщо первинний контур ТН організований за допомогою ґрунтових колекторів, ґрунтових зондів, тобто з використанням тепла ґрунту, то помпи можна використовувати цілорічно. Джерелом низькотемпературного тепла може бути навколишнє повітря. Такі системи набагато простіше монтувати, але недоліком є те, що фреон можна використовувати тільки при температурах зовнішнього повітря від -20 до $+30^{\circ}\text{C}$.

Джерелами низькотемпературного тепла для теплових насосів можуть бути природне тепло, що міститься в зовнішньому повітрі, поверхневих і підземних водах, ґрунті і ін., а також тепло антропогенного походження — гази, що видаляються з різних процесів, і рідини. При цьому чим більше температура джерела тепла, тим вище коефіцієнт перетворення теплових насосів, тобто їх енергетична ефективність, і тим нижче капітальні витрати на устаткування.

Слід зазначити, що в деяких випадках теплові насоси доцільно використовувати комбіновано для теплохолодопостачання (наприклад, взимку — теплом, влітку — холодом) шляхом перемикання відповідним чином випарника і конденсатора. Такі установки називають термотрансформаторами і в даний час застосовують для кондиціонування повітря і ін.

Для роботи теплового насоса необхідна електрична енергія для приводу компресора. Важливою характеристикою ефективності роботи ТН є відношення отриманої теплової потужності до витраченої електричної. Для сучасних pomp цей показник рівний від 3 до 5. Це означає, що для отримання, наприклад, 4 кВт теплової потужності необхідно використовувати 1 кВт електричної потужності.

Сучасні ТН практично безшумні в роботі, не порушують загальний дизайн кімнати, тому можуть бути встановлені безпосередньо в житлових приміщеннях. Перевагою ТН над опалювальними котлами є абсолютна екологічність. Вони не викидають в атмосферу ніяких шкідливих або парникових газів, а холодоагент, який в них використовується, є безпечним для здоров'я людини.

5.2 Сонячне опалення

Використання для теплопостачання сонячної енергії відноситься до перспективних напрямів, які починають в даний час застосовуватися в

експериментальному будівництві. Широке впровадження в практику теплопостачання стримується в основному із-за високих капітальних витрат на устаткування таких систем і складності забезпечення тільки за рахунок вказаних ресурсів необхідних теплових навантажень, тому вони застосовуються, як правило, спільно з традиційними способами, що додатково збільшує витрати на теплопостачання.

Як джерело теплопостачання сонячна енергія має специфічні особливості: використання її ефективно тільки в певних районах, що мають велике число сонячних днів в році (південних, гірських і т.п.); максимальні теплові надходження відбуваються в літній час, коли теплове навантаження мінімальне; теплові надходження відбуваються тільки в сонячні дні, а в похмурі дні і нічні години вони відсутні.

Тому при використанні сонячної енергії необхідні акумулюючі пристрої або додаткові джерела тепла (або те і інше), які компенсують необхідність тепла за відсутності теплових надходжень.

Для використання сонячної енергії застосовуються сонячні колектори (геліоприймачі), усередині яких циркулює теплоносії. Звернена до сонця зовнішня поверхня геліоприймача виконується з матеріалу чорного кольору, який краще всього поглинає сонячні промені і за рахунок цього сильніше нагрівається. Від цієї поверхні відбувається вже нагрів теплоносія, що подається до споживачів. Геліоприймачі встановлюються на даху і стінах будівель або спеціальних споруджень зорієнтацією на сонячну сторону і кутом нахилу до горизонту не менше 60° для забезпечення природного стоку атмосферних опадів. Як теплоносії використовується зазвичай вода або незамерзаючі рідини (наприклад, антифриз із суміші етиленгліколю з водою). За відсутності теплових надходжень іноді передбачають заходи проти замерзання води: примусову циркуляцію або злив води з контуру, установку геліоприймачів в утепленому приміщенні і ін.

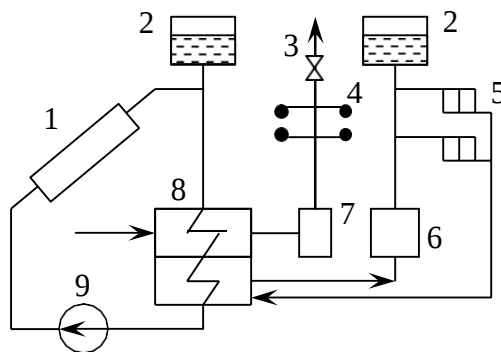
Вживані в даний час схеми теплопостачання з використанням сонячної енергії можуть бути поділені за наступними ознаками: 1) по зв'язку з традиційною системою теплопостачання — роздільна (незалежна) і поєднана (залежна); 2) залежно від числа контурів в схемі теплопостачання — одноконтурна і двоконтурна.

При роздільному способі кожна з схем теплопостачання виконується незалежно одна від одної, що спрощує їх монтаж і експлуатацію. Проте капітальні витрати при цьому виходять, як правило, максимальними, оскільки в кожній з схем виконуються свої опалювальні прилади, розводки труб і ін. При суміщеному способі нагрів теплоносія, що подається в системи опалення, проводиться теплом, що отримується спочатку в геліоприймачі, а потім в традиційному джерелі (наприклад, в домовій котельні). При цьому використовуються одні і ті ж опалювальні прилади, що знижує капітальні

витрати, проте експлуатація таких установок складніша.

У одноконтурних схемах геліотеплопостачання теплоносій, циркулюючий через геліоприймач, подається безпосередньо в системи опалення (з попереднім догрівом при необхідності в традиційному джерелі тепла). У двоконтурних схемах теплоносій, циркулюючий через геліоприймач, подається в теплообмінник, де проводиться підігрів води для систем опалення. При цьому в сонячному контурі можуть бути застосовані спеціальні теплоносії (незамерзаючі рідини і ін.).

Проста двоконтурна залежна схема геліотеплопостачання показана на рис. 5.2. Теплоносій першого контуру нагрівається в геліоприймачі 1 і поступає у водопідігрівач 8, де віддає тепло воді, що подається на гаряче водопостачання і опалення. Водопідігрівач є одночасно і акумулятором, який запасав тепло за наявності сонячної енергії і розряджається за відсутності сонця. Догрів води, яка подається до споживачів, до розрахункових параметрів проводиться в котлі 6 для систем опалення і водогрійній колонці 7 для гарячого водопостачання.



1 — геліоприймач; 2 — розширювальний бак; 3 — повітряник; 4 — водорозбірний кран; 5 — опалювальний прилад; 6 — котел; 7 — водогрійна колонка; 8 — водопідігрівач-акумулятор; 9 — циркуляційний насос

Рисунок 5.2 – Двоконтурна залежна схема теплопостачання будівлі з використанням сонячної енергії

Слід зазначити, що низька щільність (питома потужність) сонячної енергії утрудняє використання її в системах централізованого теплопостачання, оскільки площа поверхні колекторів виходить настільки великою, що розміщувати їх практично ніде.

Плоскі сонячні колектори, розміщені на дахах, широко застосовують для теплових насосів. Сонячні колектори застосовуються не тільки з тепловими насосами, але і самостійно, а також в схемах з акумуляторами тепла. Останні представляють інтерес і для теплових насосів як джерела тепла в хмарні дні або вночі. Даючи тепло у випарник при температурі вищій, ніж навколишнє

повітря, ґрунт або вода, сонячні колектори підвищують коефіцієнт перетворення теплового насоса.

Часто тепло від сонячного колектора подається в рідинний тепловий акумулятор, куди занурені трубки випарника. Температура теплового акумулятора підтримується сонячним колектором. Тепловий насос має два випарники. Один з них — звичайний випарник, що обдувається навколишнім повітрям і що включається в тих випадках, коли навколишня температура достатньо велика. Його також можна використовувати як конденсатор при реверсуванні режиму. Тепловий акумулятор, що дає енергію на випаровування, коли навколишня температура дуже низька, виконує і другу функцію — гаряче водопостачання.

5.3 Опалення геотермальними водами

Геотермальні води залежно від температурного потенціалу підрозділяються на слаботермальні $t < 40^{\circ}\text{C}$, термальні $t = 40\ldots 60^{\circ}\text{C}$, високотермальні $t = 60\ldots 100^{\circ}\text{C}$ і перегріті $t > 100^{\circ}\text{C}$. При цьому геотермальні води відрізняються великою різноманітністю по мінералізації — від ультрапрісних (із вмістом солей менше 0,1 г/л) до розсолів (більше 35 г/л) і різним хімічним складом — від лужних до кислотних і ін.

Як джерело теплопостачання геотермальні води мають ряд специфічних особливостей: 1) неоднаковий потенціал і склад в різних умовах, тобто їх параметри (температура, тиск і склад) коливаються в широких межах; при цьому по складу вони у ряді випадків агресивні і необхідно передбачати захист від корозії і відкладень на теплопередавальних поверхнях і трубопроводах; 2) незалежність параметрів від значень теплових навантажень: геотермальні води з конкретних свердловин мають постійні температури протягом всього року; 3) одноразовість застосування, тобто після використання геотермальні води, як правило, скидаються або видаляються з процесу теплопостачання і залишковий потенціал втрачається.

Безпосереднє використання геотермальних вод є найбільш простим і ефективним рішенням, оскільки при цьому не вимагається додаткових теплообмінників і можна повніше використовувати наявний температурний потенціал і економити водопровідну воду. Проте безпосереднє використання геотермальних вод у вигляді гарячої води можливе, якщо вони задовольняють санітарним вимогам для води питної якості.

Застосування для транспортування гарячої води наявного надлишкового тиску не завжди можливо, оскільки для геотермальних джерел це створює протитиск, що знижує динамічний рівень самозливу із свердловин. Тому, як правило, гаряча вода заздалегідь збирається в збірний бак, звідки вже подається

споживачам мережними насосами. При недостатніх ресурсах і низькому потенціалі геотермальних вод і в крупних системах теплопостачання застосовуються схеми з догрівом води в додаткових підігрівачах.

Безпосередньо у системах опалення можуть застосовуватися геотермальні води які не володіють корозійною активністю і не приводять до утворення відкладень солей і накипу в трубопроводах і опалювальних приладах. Для зниження корозійної активності геотермальних вод у ряді випадків проводять видалення агресивних газів (O_2 , CO_2 і ін.) і солей ($CaSO_4$, $CaCO_3$ і ін.) або вводять різні інгібітори корозії (наприклад, силікат натрію) і антинакипні реагенти (наприклад, гексаметафосфат натрію).

Контрольні питання до розділу 5

1. У чому полягає принцип використання теплових насосів в системах опалення та гарячого водопостачання?
2. Які джерела теплоти можуть бути використані у теплових насосах?
3. За допомогою яких пристроїв реалізується система сонячного опалення?
4. Які теплоносії використовуються у системах сонячного опалення?
5. Яким чином можна використати геотермальні води в системах опалення?

РОЗДІЛ 6

ОСНОВИ ВЕНТИЛЯЦІЇ

6.1 Призначення систем вентиляції

Виробничий процес супроводжується виділенням в повітря робочих приміщень шкідливих для здоров'я людини газів і пари. Крім того, в повітря виробничих приміщень можуть надходити великі кількості тепла, волога і пил, що підвищують його температуру і вологість, а також збільшують його запиленість. Люди, що знаходяться в приміщеннях, також виділяють тепло, вологу, вуглекислий і інші гази. Внаслідок надходження в повітря шкідливих газів, пари, тепла, вологи і пилу відбувається зміна його хімічного складу і фізичного стану, що несприятливо відбивається на самопочутті і стані здоров'я людини і погіршує умови праці. Для підтримки в приміщеннях нормальних параметрів повітряного середовища, що задовольняють санітарно-гігієнічним і технологічним вимогам, влаштовують вентиляцію.

Вентиляцією називають сукупність заходів і пристроїв, що забезпечують розрахунковий повітрообмін в приміщеннях житлових, суспільних і промислових будівель.

Санітарно-гігієнічне призначення вентиляції полягає в підтримці в приміщеннях стану повітряного середовища шляхом асиміляції надлишків тепла і вологи, а також видалення шкідливих газів, пари і пилу, що задовольняють вимогам санітарних норм проектування промислових підприємств і будівельних норм і правил. Окрім санітарно-гігієнічних вимог до вентиляції пред'являють технологічні вимоги по забезпеченню чистоти, температури, вологості і швидкості руху повітря в приміщенні в залежності від особливостей технологічного процесу в промислових будівлях і призначення приміщення в громадських будівлях. Якщо ці вимоги не дотримуватимуться, то у ряді випадків неможливо здійснювати сучасний технологічний процес (підприємства радіотехнічної, електровакуумної, текстильної, хіміко-фармацевтичної промисловості і т.п.). Для забезпечення нормальних параметрів повітряного середовища в приміщеннях питання вентиляції, технології і архітектурно-планувальних рішень будівлі необхідно вирішувати спільно.

6.2 Види шкідливих виділень і їх дія на організм людини

Організм людини виділяє тепло. Кількість тепла, що виділяється людиною, залежить від характеру виконуваної ним роботи і метеорологічних умов в приміщенні. Метеорологічні умови характеризуються температурою, відносною вологістю і швидкістю руху повітря, а також температурою внутрішніх поверхонь огорожень і температурою предметів, що знаходяться в

приміщенні. Для нормального самопочуття людини необхідно, щоб було забезпечено постійне відведення тепла, що виділяється нею. Виділення тепла відбувається в основному з поверхні тіла людини шляхом випромінювання, конвекції і випаровування. Причому приховане тепло, що виділяється при випаровуванні поту, може складати 50÷60 % і більше.

В умовах виробництва на самопочуття людини і на продуктивність праці впливають чинники, залежні від технологічного процесу і характеру виконуваної роботи, які носять назву професійних шкідливих виділень, таких як надлишкове конвективне і променисте тепло, волога, гази і пари шкідливих речовин і виробничий пил.

Конвективне і променисте тепло передається повітрю приміщення від нагрітих поверхонь устаткування (печей, гарячих ванн), розплавленого металу і т.п., викликаючи підвищення температури, як в робочій, так і у верхній зоні приміщення.

Волога (водяні пари) поступає в повітря виробничих приміщень при промивці виробів у водяних ваннах, при змочуванні виробів, що обробляються на металорізальних верстатах, і при інших технологічних процесах із застосуванням води або водяної пари. Виділення водяної пари може відбуватися за наявності нещільності в апаратурі і в комунікаціях які транспортують пару або воду. Велика кількість водяної пари може поступати в повітря приміщень з відкритих поверхонь води в таких комунальних і суспільних будівлях, як лазні, пральні, плавальні басейни. Збільшення вологості в приміщеннях приводить до погіршення самопочуття людини.

Гази і пари шкідливих речовин ($CO, SO_2, HCN, Mn, Pb, Hg$ і ін.) поступають в повітря виробничих приміщень при різних технологічних процесах і їх кількість залежить від особливостей самого процесу виробництва, вживаної сировини, виду проміжних і кінцевих продуктів, наявності нещільності у виробничому устаткуванні і з'єднаннях трубопроводів і т.д. Одні речовини, поступаючи в повітря у вигляді пари, переходять потім в рідкий або твердий стан, інші залишаються в паро- або газоподібному стані. Потрапляючи навіть в невеликих кількостях в організм людини через дихальні шляхи, шкіру і травний тракт, гази і пари шкідливих речовин можуть викликати професійні отруєння. Фізіологічна дія різних газів і пари залежить від їх токсичності і концентрації в повітрі виробничих приміщень, а також від часу перебування там людей. Під концентрацією шкідливих речовин розуміється їх маса в одиниці об'єму повітря (mg/m^3).

Пил є матеріальною системою, що складається з дрібних часток твердої або рідкої речовини, розсіяних в газоподібному середовищі. Такі системи називають аерозолями. До аерозолів відносяться також туман, перегони і дим.

Пилом називають аерозолі, що виникають при процесах механічного подрібнення, — таких, як буріння, дроблення, помел, стирання, або механічної

обробки з одночасним або подальшим переходом утворених часток в зважений стан. Розміри часток в пилу більші, ніж в димах, перегонах і туманах. Перегони – сублімації, що утворюються в результаті, горіння і конденсації, містять частки розмірами менше 1 мкм. Дим, що відрізняється значною оптичною щільністю, утворюється в таких же процесах, як і перегони; розміри часток в ньому можуть бути менше, ніж в перегонах. Туман складається з часток рідкої речовини, пари, що утворюється при конденсації, на частках твердої речовини або при розпилюванні рідин.

В повітрі виробничих приміщень переважають пилові частки розмірами до 10 мкм, причому 40÷90 % загального їх числа мають розміри менше 2 мкм. Запиленість вимірюється масою пилу в одиниці об'єму повітря (мг/м³) або числом часток в 1 м³ повітря. Дія пилу на організм людини залежить від її складу і дисперсності, яка характеризується розмірами пилових часток. Дисперсність впливає на глибину проникнення пилу в дихальні шляхи людини. Найбільшу небезпеку для організму людини представляє пил з розмірами пилових часток менше 10 мкм, оскільки крупніший пил затримується на слизистій оболонці верхніх дихальних шляхів.

6.3 Розрахункові параметри зовнішнього і внутрішнього повітря

Санітарними нормами проектування промислових підприємств регламентовані метеорологічні умови повітряного середовища в робочій зоні приміщень промислових підприємств (за робочу зону приймають простір висотою 2 м від рівня підлоги або майданчики, на яких знаходяться робочі місця) і в обслуговуваній зоні громадських і житлових будівель, а також розрахункові параметри зовнішнього повітря. Умовно як межа між теплим і холодним періодами року прийнята температура зовнішнього повітря рівна 10 °С.

Розрахунковими параметрами повітряного середовища в приміщенні при проектуванні вентиляції є параметри повітря, що визначають комфортні умови і задовольняють вимоги технологічного процесу. Найбільш високу температуру внутрішнього повітря для теплого періоду року, як правило, приймають рівною 28 °С. Розрахункові оптимальні значення відносної вологості приймають в межах 30÷60 %, причому великі значення відповідають меншим температурам. Допустима відносна вологість для холодного періоду року не повинна перевищувати 75 %, а для теплого періоду року приймається залежно від температури внутрішнього повітря. Розрахункову швидкість руху повітря в робочій зоні на постійних робочих місцях для холодного періоду року приймають в межах 0.2 ÷ 0.3 м/с (оптимальна) і 0.3 ÷ 0.5 м/с (допустима), а для теплого періоду року — відповідно 0.2 ÷ 0.7 м/с і 0.3 ÷ 1.0 м/с. Для перехідного періоду року беруть розрахункові внутрішні умови прийняті для холодного

періоду року.

У нормах розрахункові характеристики тепловологісного стану зовнішнього повітря даються для трьох категорій параметрів клімату: А, Б і В. Параметри клімату категорії В відповідають екстремальним значенням температури і ентальпії повітря, категорії А — деяким середнім значенням, категорії Б є проміжними між параметрами клімату категорій А і В. При проектуванні систем вентиляції і кондиціонування повітря нормами рекомендується приймати різні розрахункові характеристики зовнішнього повітря.

Санітарними нормами передбачені також гранично допустимі концентрації (ГДК) шкідливих газів, пари і пилу в повітрі робочої зони виробничих приміщень і атмосферному повітрі промислових майданчиків і населених пунктів. Під ГДК мається на увазі вміст в повітрі такої кількості шкідливих речовин, який при щоденній дії протягом необмеженого часу на людину не викликає в його організмі яких-небудь патологічних змін або захворювань.

6.4 Класифікація систем вентиляції

Вентиляційна система — це сукупність пристроїв для обробки, транспортування, подачі і видалення повітря.

За способом переміщення повітря системи вентиляції ділять на системи з природним рухом повітря і системи зі штучним рухом. У системах з природним імпульсом повітря переміщається за рахунок гравітаційних сил, вітрового тиску і їх спільної дії. У системах зі штучним збуренням повітря переміщається, як правило, за допомогою вентилятора, тому такі системи частіше називають системами механічної вентиляції.

За призначенням системи вентиляції поділяють на: припливні, витяжні, припливно-витяжні і рециркуляційні. Припливні системи подають повітря в приміщення або в його окремі зони. Витяжні системи видаляють забруднене повітря з приміщень, окремих його зон або від устаткування. Рециркуляційні системи переміщують повітря з приміщень або його окремих зон в ці ж приміщення або його окремі зони після відповідної обробки цього повітря.

Необхідний склад повітря в приміщенні досягається подачею в приміщення свіжого, зазвичай належним чином підготовленого повітря в кількості, достатній для розбавлення шкідливих виділень до ГДК у всьому об'ємі робочої зони приміщення. Повітря, проходячи через приміщення, асимілює шкідливі виділення і досягши нормативних значень ГДК видаляється з приміщення.

За способом організації повітрообміну і видалення шкідливих виділень системи вентиляції бувають загальнообмінні, місцеві і змішані.

При загальнообмінній вентиляції повітря змінюється у всьому об'ємі приміщення або у всій його робочій зоні, необхідний стан повітря забезпечується у всьому об'ємі приміщення або його робочої зони. Загальнообмінну вентиляцію застосовують за наявності в приміщенні розосереджених за всією його площею або значною її частиною робочих місць і інших відкритих джерел шкідливих виділень. При загальнообмінній вентиляції повітря, що поступає в приміщення, повинне бути розподілене так, щоб весь його об'єм брав участь в асиміляції шкідливих виділень, щоб рівномірним потоком повітря була охоплена вся робоча зона приміщення, щоб не було застійних зон з підвищеною концентрацією шкідливих домішок і підвищених швидкостей руху повітря в приміщенні.

Місцева вентиляція діє тільки в окремій частині приміщення, в частині його робочої зони. Застосовують її в тому випадку, якщо не потрібно забезпечувати належний склад повітря у всьому приміщенні або робочій зоні, якщо нормується перебування повітря тільки на окремих ділянках приміщення, на фіксованих робочих місцях або якщо необхідно видаляти шкідливі виділення безпосередньо від місць їх утворення. Припливні місцеві системи подають повітря безпосередньо на робоче місце або в певну зону приміщення. Місцеві витяжні системи застосовують для видалення забрудненого повітря безпосередньо від джерела шкідливих виділень.

Змішана система є поєднанням місцевої і загальнообмінної систем. Локалізуюча система видаляє шкідливі речовини з кожухів і укриттів машин. Проте частина шкідливих речовин через нещільність укриттів проривається в приміщення. Ця частина видаляється загальнообмінною вентиляцією.

Системи аварійної витяжної вентиляції обов'язкові для виробництва, в яких можливий раптовий прорив шкідливої пари і газів. Система аварійної вентиляції повинна включатися автоматично досягши ГДК шкідливих речовин або при зупинці однієї з систем загальнообмінної або місцевої вентиляції.

Вентиляція приміщення може здійснюватися через розгалужену мережу каналів (повітропроводів) — каналні системи вентиляції або через отвори в зовнішніх огороженнях — безканална вентиляція.

6.5 Розрахунок повітрообміну по боротьбі зі шкідливими виділеннями

1. З надлишками теплоти в приміщенні

$$G = Q_{над} / (I_{від} - I_{пр}), \text{ кг/с} \quad (6.1)$$

де $Q_{над}$ — надлишкова повна теплота, кВт; $I_{від}, I_{пр}$ — відповідно ентальпія відхідного і припливного повітря, кДж/кг.

2. З вологовиділеннями

$$G = W / (d_{від} - d_{пр}), \text{ кг/с} \quad (6.2)$$

де W – надлишкова волога в приміщенні, кг/с; $d_{від}, d_{np}$ – відповідно вологовміст відхідного і припливного повітря, кг/кг сухого повітря.

3. При одночасному виділенні теплоти і вологи повітрообмін може бути визначений або по надлишках теплоти, або по вологовиділенням

$$G = Q_{над} / (I_{від} - I_{np}) = W / (d_{від} - d_{np}). \quad (6.3)$$

4. Зі шкідливими газами і пилом

$$G_z = \psi M_z / (C_{ГДК} - C_{np}), \text{ м}^3/\text{с} \quad (6.4)$$

де ψ – коефіцієнт нерівномірності розподілу шкідливого газу по приміщенню ($\psi = 1.2 \div 2.0$); M_z – маса шкідливого газу, що виділився в приміщення, мг/с; $C_{ГДК}, C_{np}$ – гранично допустима концентрація шкідливого газу в робочій зоні і в припливному повітрі, мг/м³.

Початкова концентрація шкідливих газів в припливному повітрі не повинна перевищувати 30 % від ГДК даних газів в робочій зоні. При одночасному виділенні в робочу зону шкідливих газів, що не мають односпрямований характер дії, підраховуються об'єми загальнообмінної вентиляції окремо для розбавлення кожного виду газу до ГДК. Розрахунковий повітрообмін такого приміщення знаходять по найбільшому повітрообміну, отриманому з розрахунків для кожного шкідливого газу. При одночасному надходженні в робочу зону речовин односпрямованої дії розрахунковий повітрообмін знаходять підсумовуванням об'ємів, отриманих розрахунком по кожному газу.

$$G_n = \beta M_n / (\alpha_{ГДК} - \alpha_{np}), \text{ м}^3/\text{с} \quad (6.5)$$

де β – коефіцієнт нерівномірності розподілу пилу по приміщенню; M_n – маса пилу, що виділяється в приміщення, мг/с; $C_{ГДК}, C_{np}$ – гранично допустима концентрація пилу в робочій зоні і в припливному повітрі, мг/м³.

Вибір розрахункового повітрообміну. Після розрахунку повітрообміну необхідно провести аналіз отриманої необхідної продуктивності системи загальнообмінної вентиляції в різні періоди року. На відміну від продуктивності систем місцевої вентиляції, яка не змінюється протягом року, необхідна продуктивність систем загальнообмінної вентиляції змінюється по сезонах (іноді в широких межах).

Для систем з природною циркуляцією повітря сезонна зміна продуктивності досягається експлуатаційним регулюванням. Для цих систем розрахунковим є такий повітрообмін, для здійснення якого потрібний більший перетин каналів або велика площа отворів, що відкриваються. Як правило, це повітрообмін, визначений для теплого періоду року (аерація) або періоду з $t_n = 5^\circ\text{C}$ (системи каналної вентиляції).

Для систем з механічним збуренням руху повітря вибір розрахункового

(для підбору устаткування) повітрообміну складніший. Цей вибір проводять по повітрообміну, визначеному в об'ємних одиницях для трьох розрахункових періодів року.

Розрахунок повітрообміну по нормативній кратності. Кратністю повітрообміну називається відношення об'єму повітря, що подається в приміщення або видаляється з нього протягом 1 години, до об'єму приміщення. Ця величина часто використовується для оцінки правильності розрахунку повітрообміну в приміщеннях. Нормативна кратність використовується для розрахунку повітрообміну в рядових приміщеннях з надлишками в основному CO₂ і тепла. Розрахунковий повітрообмін приміщення в цих випадках повинен складати:

$$G = k \cdot V_n, \text{ м}^3/\text{год} \quad (6.6)$$

де k — нормативна кратність повітрообміну приміщення, 1/год; V_n — об'єм приміщення, м³.

Значення k для різних приміщень приводяться у відповідних главах БНіП. При цьому вказується кратність по витяжці і по притоку. Повітрообмін, що розраховується по його нормативній кратності, повинен забезпечуватися системами вентиляції. Якщо нормативні кратності повітрообміну по притоку і витяжці для окремих приміщень не співпадають, кількість повітря, необхідного для повного балансу, подається в сусідні приміщення або до коридорів. При цьому прийнято визначати сумарні приток і витяжку приміщень, що виходять в один загальний шлюз (коридор). Різницю між сумарним притоком і витяжкою слід подавати (при надлишковій витяжці) або видаляти (при надлишковому притоці) із загального шлюзу. Виняток становлять житлові будівлі, витяжка з приміщень яких за існуючими нормами компенсується природним притоком через вікна.

Контрольні питання до розділу 6

1. Що являє собою вентиляція?
2. У чому полягає призначення системи вентиляції та які вимоги до неї пред'являються?
3. Які види шкідливих викидів існують та їх дія на організм людини?
4. Що таке робоча зона приміщення?
5. Які параметри внутрішнього повітря є комфортними?
6. Що таке гранично допустима концентрація шкідливих речовин?
7. Що таке вентиляційна система і які види їх існують?
8. Як розраховується повітрообмін по боротьбі зі шкідливими виділеннями?
9. Що таке кратність повітрообміну?

РОЗДІЛ 7

ЗАГАЛЬНООБМІННА ТА МІСЦЕВА ВЕНТИЛЯЦІЯ

7.1 Природна вентиляція промислових будівель

Системи вентиляції з природною циркуляцією повітря можуть забезпечувати організоване і неорганізоване провітрювання приміщень. **Аерацією** називають організований природний повітрообмін в приміщенні. Її здійснюють через спеціально передбачені регульовані отвори в зовнішніх огороженнях з використанням природних джерел руху повітря — гравітаційних сил і вітру. Аерація може забезпечувати інтенсивне провітрювання приміщень.

Гравітаційний тиск виникає внаслідок різниці густини повітря всередині приміщення і ззовні, яка, у свою чергу, зумовлюється різницею температур повітря в приміщенні і зовні нього. Якщо температура повітря в приміщенні вище температури зовнішнього повітря, то в приміщенні створюється тепловий тиск, який у верхній частині приміщення більше, ніж ззовні, а в нижній частині, навпаки, менше, ніж ззовні. Внаслідок різниці тиску біля вертикального огороження приміщення повітря, що знаходиться у верхній частині, прагне вийти з приміщення назовні, а в нижній частині — ззовні проникнути в приміщення. Цей тиск, під впливом якого відбувається таке переміщення повітря, називається гравітаційним.

Гравітаційний тиск визначають через різницю густини зовнішнього повітря, що видаляється з приміщення, та відстань по вертикалі від центру вентиляційного отвору в приміщенні до центру повітровикидного отвору (рис. 7.1)

$$\Delta p_z = (\rho_z - \rho_v) g H . \quad (7.1)$$

Гравітаційний тиск — чинник, що постійно діє, змінюється лише по значенню.

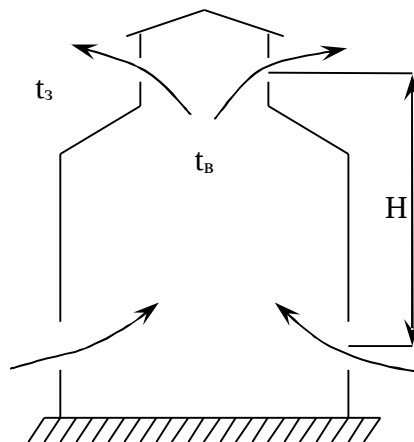


Рисунок 7.1 – Аерація будівлі під впливом гравітаційного тиску

Вітровим називається тиск, що діє вітром на поверхню предметів, які обдуваються. При набіганні повітряного потоку на перешкоду динамічний тиск перетворюється в статистичний. При цьому з навітряного боку створюється надлишковий тиск, а із завітреного — розрідження. Перепад тиску, що виникає таким чином, викликає переміщення повітря через нещільності, щілини і отвори в огороженнях або рух повітря по каналах. Вітровий тиск

$$\Delta p_e = 0.5 A \rho w^2, \quad (7.2)$$

де w — швидкість вітру, м/с; A — аеродинамічний коефіцієнт будівлі, визначуваний дослідним шляхом при продуванні моделей будівлі в аеродинамічній трубі (приймає як додатні, так і від’ємні значення).

Звичайний тиск, що створюється природними силами, невеликий і тому за рахунок його виявляється можливим здійснювати загально обмінну вентиляцію або відсмоктування повітря в місцевих витяжних системах при невеликій довжині каналів, а також через отвори, що відкриваються в огороженнях. Цей тиск залежить від стану зовнішнього повітря (температури, швидкості і напрямку вітру), тому інтенсивність зміни повітря в приміщеннях при природній вентиляції виявляється залежною від зовнішніх чинників. Це є істотним недоліком природної вентиляції.

У спорудженнях агропромислового комплексу і комунального господарства застосовують загально обмінну і місцеву, припливну і витяжну, каналну і безканалну природну вентиляції. На рис. 7.1 представлена схема загальнообмінної природної вентиляції одно пролітної будівлі. Внаслідок відмінності гравітаційного тиску для отворів, розташованих на різних рівнях, переміщення повітря через приміщення при $t_z < t_e$ відбувається так, як показано на схемі. Через нижні отвори поступає в приміщення зовнішнє повітря, а через верхні отвори виходить забруднене повітря. Природна вентиляція при якій повітря поступає в приміщення і видаляється з нього через спеціально передбачені отвори в зовнішніх огороженнях, називається організованим провітрюванням, або аерацією. Повітря, що поступає в приміщення при аерації, обробці не піддається, але його кількість при даному стані зовнішнього повітря можна регулювати за рахунок зміни площі отвору прикриття.

Аерацію широко застосовують для вентиляції приміщень з великими надлишками тепла. У таких приміщеннях не виникає небезпеки переохолодження в зимовий період. Крім того, різниця густин нагрітого внутрішнього і холодного зовнішнього повітря забезпечує створення необхідного гравітаційного тиску. Основним видом шкідливих виділень, на які розраховується аерація, є надлишкова теплота, тому максимальна кількість повітря при аерації потрібна в літній період, коли гравітаційний тиск внаслідок незначної відмінності температур внутрішнього і зовнішнього повітря дуже

малий. Взимку внаслідок збільшення гравітаційного тиску, необхідний повітрообмін досягається при меншій площі отворів.

Для вентиляції житлових, суспільних і деяких виробничих будівель застосовують каналні гравітаційні системи природної вентиляції. У таких системах повітря видаляється з приміщення по спеціальних каналах під дією гравітаційного тиску. Компенсація видаленого повітря здійснюється зовнішнім повітрям яке надходить в приміщення через нещільності або отвори в огороженнях. Гравітаційні каналні системи природної вентиляції широко вживані завдяки простоті їх пристрою, незначним капітальним витратам по їх зведенню і експлуатаційним витратам. Проте залежність повітрообміну від параметрів зовнішнього повітря не дозволяє за допомогою цих систем забезпечувати строго задані параметри повітря в приміщеннях. Крім того, радіус дії (транспортування повітря по горизонтальних каналах) гравітаційних каналних систем із-за обмеженості гравітаційного тиску невеликий.

В більшості випадків аерацію застосовують спільно з механічними системами вентиляції, як правило, з місцевими вентиляційними установками. Може зустрітися необхідність комбінування аерації з системами загально обмінної вентиляції з механічною циркуляцією повітря (наприклад, природний приток — механічна витяжка або механічний приток — природна витяжка, посилена в цьому випадку за рахунок підпору).

Не можна застосовувати аерацію в цехах, в яких є джерела виділення газів і парів шкідливих речовин або пилу із-за небезпеки отруєння навколишнього середовища. Крім того, природний приток в цих цехах сприяє розповсюдженню шкідливих виділень за об'ємом приміщення. Для таких виробництв рекомендується механічна вентиляція з очищенням повітря перед викидом. Не застосовують аерацію і в приміщеннях зі штучним кліматом.

У приміщеннях з великим числом працюючих і постійними робочими місцями, а також в приміщеннях зі значними вологовиділеннями аерацію влаштовують лише в теплий період року, тобто при $t_3 > 10\text{ }^{\circ}\text{C}$. У холодний період року в цих приміщеннях слід застосовувати припливну вентиляцію з механічною циркуляцією повітря і відповідною його обробкою.

7.2 Розрахунки систем природної вентиляції

При розрахунку аерації повинні розглядатися всі три задачі повітряного режиму будівлі:

зовнішня — визначення тиску який забезпечує природний повітрообмін; при цьому вирішуються питання розташування будівлі на промисловому майданчику, аеродинаміки будівлі і розсіювання видалених шкідливих речовин в навколишньому середовищі;

крайова — визначення характеристик опору повітропроникненню, складання рівняння балансу повітря в приміщенні і обчислення площ аераційних отворів;

внутрішня — визначення напрямку повітряних потоків в приміщенні, а також розподілу швидкостей і температур при відомому розташуванні джерел тепла, припливних і витяжних отворів. Це завдання найбільш складне і мало вивчене.

В даний час для розрахунку аерації користуються головним чином рекомендаціями отриманими на основі досвіду експлуатації або при фізичному моделюванні аераційних процесів. Враховуючи складність процесу аерації, практичні розрахунки її проводять при певних допущеннях.

Залежно від питомої теплової напруженості приміщення, висоти приміщення (будівлі), температури зовнішнього повітря і швидкості вітру застосовують один з трьох варіантів розрахунку де основною умовою, що визначає варіант розрахунку, є співвідношення між значеннями вітрового і гравітаційного тиску.

1. Аерація під дією тільки гравітаційних сил. Дією вітру можна нехтувати, якщо $p_v \leq 0.5\Delta\rho gH$, тобто надлишковий вітровий тиск менше половини максимального значення. Де p_v – вітровий тиск на рівні нижнього ряду аераційних отворів. Для ізольованого приміщення, в якому аерація відбувається через відкриті отвори, розташовані на одному з фасадів, при будь-якій швидкості вітру матиме місце даний випадок.

2. Аерація під дією тільки вітру при $p_v \geq 10\Delta\rho gH$. Цей випадок спостерігається в приміщеннях без тепловиділень (склади хімікатів, устаткування, деякі виробничі приміщення з виділеннями вологи та ін.).

3. Аерація при спільній дії гравітаційних сил і вітру при $0.5\Delta\rho gH < p_v < 10\Delta\rho gH$.

Варіанти розрахунку аерації розрізняються в основному способом визначення розрахункових перепадів тиску.

При розрахунку аерації можливе пряме або зворотне завдання (ділення на ці два завдання умовне). *Пряме завдання* — визначення площі відкритих отворів, необхідній для забезпечення аерації приміщення. Цю задачу доводиться вирішувати у разі, коли площа аераційних отворів свідомо менше площі скління, визначеної з умови освітлення приміщення. При цьому задаються значенням тиску в приміщенні і по заданих витратах повітря визначають площі аераційних отворів. *Зворотне завдання* — розрахунок фактичного повітрообміну при заданих площах аераційних отворів. У цехах, де площа світлових отворів, що відкриваються, недостатня для організації аерації, в зовнішніх огороженнях необхідно передбачати устрій спеціальних аераційних отворів. Мета розрахунку — визначення мінімальної площі цих

отворів. Задачу вирішують підбором: задаючись площами, визначають таке значення тиску в приміщенні, при якому здійснюється розрахунковий повітрообмін.

7.3 Системи механічної вентиляції

Повітря в системах механічної вентиляції переміщається за допомогою вентиляторів. На відміну від природної вентиляції системи механічної вентиляції забезпечують подачу повітря на значні відстані безпосередньо до робочих місць або в певну зону приміщення в заданих кількостях з необхідними швидкостями його випуску, а також видалення повітря з певних місць приміщення в необхідних об'ємах. Повітря, що подається в приміщення і видаляється з них, може піддаватися необхідній обробці. Кількість повітря, що подається в приміщення системами механічної вентиляції і видаляється з приміщень, не залежить від стану зовнішнього повітря. Радіус дії таких систем визначається тиском, створюваним вентилятором, і може бути великим. Відомі системи, в яких відстань від вентилятора до найбільш віддалених точок мережі складає сотні метрів.

Системи механічної вентиляції застосовують в тих випадках, якщо кількість і токсичність шкідливих виділень вимагають постійної інтенсивності зміни повітря в приміщенні незалежно від зовнішніх метеорологічних умов, а також у випадках, якщо в приміщенні немає значних надлишків теплоти, необхідних для підігріву холодного зовнішнього повітря, що поступає в приміщення при природній вентиляції.

У спорудах агропромислового комплексу і комунального господарства застосовують каналні і безканалні системи механічної вентиляції, припливні і витяжні, загальнообмінні і місцеві. Дуже часто будівлі мають різнохарактерні приміщення, створюючи так звану «чисту» і «брудну» зони, причому повітря з приміщень брудної зони не повинне потрапляти в чисту зону. У таких випадках окремі приміщення залежно від їх призначення і характеру шкідливих виділень обладнують тільки припливною або тільки витяжною системою. При цьому частина приміщень може мати припливні і витяжні системи.

Приміщення обладнане тільки припливною системою, що подає в приміщення розрахункову кількість повітря. Повітря, що поступає в приміщення, асимілює шкідливі виділення, розбавляє їх до ГДК. Забруднене повітря видаляється через нещільності в огороженнях або через спеціально влаштовані для цієї мети отвори і канали, або назовні чи в сусідні приміщення. Повітря видаляється під дією тиску, що створюється припливною системою. У сталому стані кількість повітря, що подається, дорівнює кількості що видаляється незалежно від сумарної площі нещільностей або отворів в

огородженнях. Припливну вентиляцію застосовують для приміщень чистої зони, які потрібно захистити від проникнення в них шкідливих газів з сусідніх приміщень або холодного зовнішнього повітря.

Приміщення обладнане тільки витяжною вентиляцією. За допомогою такої системи забруднене повітря забирається в розрахункових кількостях з певних місць приміщення при необхідності очищається від шкідливих домішок, викид яких в атмосферу недопустимий. Застосування тільки витяжної системи без організованої подачі повітря в приміщення створює у вентиляованих приміщеннях розрідження по відношенню до сусідніх приміщень і атмосфери. Внаслідок цього розрідження повітря, що видаляється з приміщення, компенсується зовнішнім повітрям, що поступає в приміщення через нещільності і отвори в зовнішніх огороженнях, або повітрям, що поступає з сусідніх приміщень. Устрій тільки витяжних систем необхідний для приміщень з яких забруднене повітря не повинне потрапляти в сусідні приміщення. До таких приміщень, обладнаних тільки витяжними системами, відносяться хімічні лабораторії, кухні, санвузли і т.п. Неорганізований приплив холодного зовнішнього повітря через нещільності в огороженнях зумовлює охолодження приміщень, а при великих кількостях повітря, що поступає, створює протяги. Крім того, якщо зовнішнє повітря забруднене, воно поступає в приміщення без очищення. Якщо холодне зовнішнє повітря поступає через нещільності в огороженнях, охолодження приміщення компенсується збільшенням тепловіддачі системи опалення.

Приміщення обладнане припливними і витяжними системами, за допомогою яких організовано подається і видаляється повітря. Залежно від співвідношення кількостей припливного і видаляемого повітря в приміщеннях можуть бути створені підпір або розрідження. Устрій в одному приміщенні припливної і витяжної систем забезпечує найбільш організований рух повітря в ньому і застосовується для приміщень з великою витратою вентиляційного повітря.

7.4 Схеми загальнообмінної вентиляції

Ефективність вентиляції приміщення великою мірою залежить від правильного вибору і розташування пристроїв для подачі і видалення повітря. В першу чергу розподіл параметрів повітря в об'ємі приміщення визначається конструктивним рішенням припливних пристроїв. Вплив витяжних пристроїв на швидкість руху і температуру повітря в приміщенні зазвичай невеликий. В той же час загальна ефективність вентиляції залежить від правильної організації витягу повітря з приміщення.

Вибір повітророзподільних пристроїв і місця розташування їх в

приміщенні залежить від призначення і габаритних розмірів приміщення, поєднання видів шкідливих виділень, вимог, що пред'являються до повітряного середовища, розміщення в об'ємі приміщення устаткування і робочих місць і інших умов. При цьому слід враховувати конструктивне будівельне рішення будівлі. Правильне рішення вентиляції визначає зручність монтажу і експлуатації систем вентиляції, доступність системи для ремонту, гарний зовнішній вигляд приміщення і, головне, високу ефективність повітрообміну.

Найбільш простим прикладом організації повітрообміну є вентиляція приміщень в **житлових будівлях**, гуртожитках і готелях. По існуючих нормах в цих будівлях влаштовують витяжну вентиляцію з верхньої зони кухонь, санітарних вузлів, ванних і душових кімнат, а в деяких випадках і житлових кімнат. Припливне повітря поступає неорганізовано через квартирки і нещільності в огородженнях. Регулювання вентиляції і збільшення повітрообміну здійснюють відкриттям вікон.

При організації повітрообміну в приміщеннях **промислових будівель** можливе застосування наступних схем:

а) «знизу-вгору» — при одночасному виділенні тепла і пилу; в цьому випадку повітря подають в робочу зону приміщення, а видаляють з верхньої зони;

б) «зверху-вниз» — при виділенні газів, парів летючих рідин (спиртів, ацетону, толуолу і т.п.) або пилу, а також при одночасному виділенні пилу і газів; у цих випадках повітря подають розосереджено у верхню зону, а видаляють місцевою витяжною вентиляцією з робочої зони приміщення і системою загальнообмінної вентиляції з його нижньої зони;

в) «зверху-вгору» — у виробничих приміщеннях при одночасному виділенні тепла, вологи і зварювального аерозолі, а також в допоміжних виробничих будівлях при боротьбі з тепловиділеннями; повітря подають у верхню зону приміщення і видаляють з його верхньої зони;

г) «знизу – вгору і вниз» — у виробничих приміщеннях при виділенні пари і газів з різною щільністю і недопустимості їх скупчення у верхній зоні із-за небезпеки вибуху або отруєння людей (малярні цехи, акумуляторні і т.д.); в цьому випадку подачу повітря здійснюють в робочу зону, а загально обмінну витяжку — з верхньої і нижньої зон;

д) «зверху і знизу — вгору» — в приміщеннях з одночасним виділенням тепла і вологи або з виділенням тільки вологи під час вступу пари в повітря приміщення через нещільності виробничої апаратури і комунікацій, з відкритих поверхонь рідин у ваннах і із змочених поверхонь підлоги; у цих випадках повітря подають в дві зони — робочу і верхню, а видаляють з верхньої зони. При цьому для запобігання утворення туману і капежу зі стелі припливне повітря, що подається у верхню зону, декілька перегрівають в порівнянні з повітрям, що подається в робочу зону.

7.5 Розрахунки систем механічної вентиляції

Завданням розрахунку систем механічної вентиляції є вибір калориферів, повітропроводів і вентиляторів. Калорифери вибирають по необхідному тепловому навантаженню вентиляції. По кількостях повітря, що поступає в приміщення, приймають до установки повітропроводи певних необхідних перетинів. Після розрахунку повітрообміну, а також рішення трасування повітропроводів і каналів виконують аеродинамічний розрахунок систем вентиляції. Для проведення аеродинамічного розрахунку викреслюють аксонометричну схему системи вентиляції, на якій виділяють фасонні частини повітропроводів. По аксонометричній схемі і планам будівельної частини проекту визначають довжину окремих гілок системи. Розрізняють пряме і зворотне завдання аеродинамічного розрахунку вентиляційних систем. Мета аеродинамічного розрахунку залежить від типу завдання: для прямого — це визначення розмірів перетинів всіх ділянок системи при заданій витраті повітря через них; для зворотного — це визначення витрат повітря при заданих розмірах перетинів всіх ділянок. При аеродинамічному розрахунку вентиляційних систем схему розбивають на окремі розрахункові ділянки. Розрахункова ділянка характеризується постійною витратою повітря. Втрати тиску на ділянці залежать від швидкості руху повітря і складаються з втрат на тертя і втрат в місцевих опорах. Втрати тиску в системі дорівнюють втратам тиску по магістралі, що складаються з втрат тиску на всіх послідовно розташованих ділянках, складових магістраль, і втрат тиску у вентиляційному устаткуванні (калорифери, фільтри і ін.). Після розрахунку втрат тиску в системі можна вибрати до установки вентилятор.

7.6 Устаткування систем вентиляції

Конструктивне оформлення систем вентиляції визначається видом систем і їх призначенням.

Повітрозабірні пристрої розташовуються так, щоб в них поступало незабруднене зовнішнє повітря. Отвори для забору повітря розташовуються на висоті не менше 2 м від рівня ґрунту (до низу отвору) і забезпечуються жалюзійними ґратами. Якщо повітря в нижній зоні забруднене, повітрозабірний пристрій розташовують над крівлею будівлі з таким розрахунком, щоб в нього поступало найменш забруднене повітря. При аерації повітрозабірні і викидні пристрої виконують у вигляді обертальних фрамуг, ліхтарів, вікон і інших отворів.

Вентиляційні камери — ізольовані приміщення, в яких розміщується устаткування припливних і витяжних систем вентиляції. Вентиляційні камери

виконують з матеріалів, що не згорають або важко спалимих. Розміри вентиляційних камер повинні дозволяти проведення ремонту, монтажу і спостереження за роботою вентиляційних установок. Вентиляційні камери розташовуються на горищах або на технічних поверхах, а також в спеціальних приміщеннях підвалів.

Фільтри. За призначенням знепилюючі пристрої можна поділити на пиловловлювачі і повітряні фільтри. Пиловловлювачі — пристрої, призначені для очищення від пилу вентиляційного повітря, що викидається в атмосферу. Повітряні фільтри — пристрої, призначені для очищення від пилу припливного або рециркуляційного повітря в системах припливної вентиляції і системах кондиціонування повітря.

Вентилятори — повітродувні машини, що переміщують повітря в системах механічної вентиляції. Застосовують радіальні і осьові вентилятори. Вентилятори підбирають по аеродинамічних характеристиках, складених на основі стендових випробувань.

Шумоглушники використовують для зменшення шуму, що передається від вентилятора по повітропроводам.

Для зміни кількості повітря, відключення окремих гілок або всієї мережі повітропроводів застосовують різні **запірно-регулюючі пристрої** (шибери, дросельні клапани, герметичні клапани, зворотні клапани).

Калорифери — прилади для нагрівання повітря в системах припливної вентиляції, системах кондиціонування повітря, повітряного опалення, а також в сушильних установках. По теплоносію калорифери можуть бути вогняними, водяними, паровими і електричними.

Промисловість випускає електричні калорифери, що складаються з кожуха і трубчастих нагрівальних елементів. Трубки нагрівальних елементів оребрені алюмінієм для збільшення площі поверхні нагріву. Нагрівальні елементи встановлені всередині кожуха в декілька рядів і розділені на самостійно регульовані секції, за допомогою яких можна регулювати ступінь нагріву повітря. Перевага електрокалориферів — відсутність проміжних теплоносіїв, таких, як пара або вода, у зв'язку з чим відпадає необхідність в пристрої громіздкої системи теплопостачання. Вартість виробництва 1 Вт тепла в електрокалориферах вища, ніж в калориферах, що використовують як теплоносіє пару або воду.

Найбільше розповсюдження мають водяні і парові калорифери, які поділяють на гладкотрубні і ребристі; останні поділяють на пластинчасті і спірально-навивні. Розрізняють одноходові і багатоходові калорифери. У одноходових теплоносіє рухається по трубках в одному напрямі, а в багатоходових кілька разів змінює напрям руху внаслідок наявності в колекторних кришках перегородок. Калорифери виконують двох моделей: середні (С) і великі (Б).

Установка калориферів по відношенню до повітря, що проходить через них, може бути паралельною і послідовною. У першому випадку повітря зустрічає на своєму шляху опір тільки одного калорифера при порівняно невеликій швидкості, а в другому він долає опір декількох послідовно встановлених калориферів при значно більшій швидкості, чим в першому випадку, у зв'язку з чим опір проходу повітря при послідовній установці значно більший ніж при паралельній. Паралельна установка калориферів по повітрю застосовується тоді, коли потрібно нагрівати велику кількість повітря на невелику різницю температур, а послідовна установка необхідна при великому ступені нагріву повітря, тобто при великій різниці кінцевої і початкової температур. При виборі схеми установки калориферів по повітрю слід звертати увагу на те, щоб масова швидкість руху повітря в живому перетині калориферів знаходилася в межах $(\nu\rho)_{opt} = 8 \div 11 \text{ кг}/(\text{м}^2 \cdot \text{с})$. У калориферній установці всі калорифери повинні бути однаковими за типом, моделлю і номером.

Обв'язування калориферів трубопроводами здійснюють по двох схемах — паралельною і послідовною. Якщо як теплоносій застосовується вода, то обв'язування калориферів трубопроводами можливе як по паралельній, так і по послідовній схемах. Для збільшення тепловіддачі калориферів і зменшення площі їх поверхні нагріву перевагу слід віддавати послідовній схемі руху води по трубках, при якій швидкість руху води збільшується до $0.2 \div 0.4 \text{ м/с}$. Проте не слід прагнути збільшувати швидкість води більше 0.5 м/с , оскільки в цьому випадку не спостерігається значного збільшення тепловіддачі, а гідравлічний опір калориферів зростає значно.

7.7 Системи місцевої вентиляції

Для боротьби з парами і газами шкідливих речовин які виділяються в повітря виробничих приміщень, а також пилом найбільш ефективно застосування локалізуючої витяжної вентиляції, тобто видалення шкідливих виділень від місць їх утворення. Видалення забрудненого повітря від місць його зосередження легко здійснити при пристрої укриттів біля агрегатів, що є джерелами шкідливих виділень. Витяжка з-під укриттів може бути як природною, так і механічною. Пристрій місцевої витяжної вентиляції рекомендується як один з найбільш економічних і ефективних методів боротьби зі шкідливими виділеннями. Чисте припливне повітря повинне завжди подаватися в «чисту зону» далеко від місць утворення шкідливих виділень.

Місцеве відсмоктування є пристроєм для локалізації шкідливих виділень в місцях їх утворення і видалення забрудненого повітря за межі приміщення з

концентраціями вищими ніж при загальнообмінній вентиляції. Це дозволяє скорочувати повітрообмін і тим самим знижувати витрати на обробку повітря. Санітарно-гігієнічне значення місцевих відсмоктувань полягає в тому, що вони не допускають проникнення шкідливих виділень в зону дихання працюючих. Конструктивно місцеві відсмоктування оформлюють у вигляді різноманітних укриттів джерел шкідливих виділень. Умовно їх можна розділити на три групи: напіввідкриті, відкриті і повністю закриті.

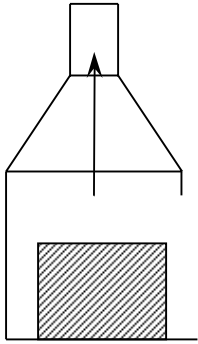


Рисунок 7.2 – Схема витяжної шафи

перешкоджає проникненню шкідливих виділень з шафи в приміщення. Для видалення з шафи надлишків тепла або інших шкідливих виділень природним шляхом необхідна наявність підйомної сили, що виникає у тому випадку, коли температура повітря в шафі перевищує температуру повітря в приміщенні.

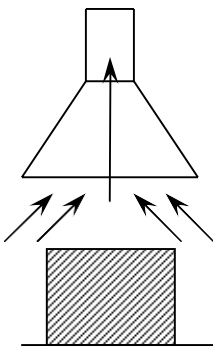


Рисунок 7.3 – Схема витяжного зонта

Витяжними зонтами називають приймачі місцевих відсмоктувань, що мають форму усечених конусів або пірамід і розташовані над джерелами шкідливих виділень (рис. 7.3). Для зонтів характерна наявність простору між джерелом і приймачем шкідливих виділень, незахищеного від дії повітряних потоків приміщення. З цієї причини повітря приміщення вільно підтікає до джерела і при відповідній швидкості може відхилити потік шкідливих виділень від зонта. У зв'язку з цим зонти вимагають значно більшої витрати повітря, чим інші місцеві відсмоктування. Зонти можуть влаштовуватися як з природною, так і з механічною витяжкою. Приймальний отвір повинен розташовуватися безпосередньо над тепловим джерелом і відповідати його конфігурації, а розміри його приймаються декілька більшими, ніж розміри теплового джерела в плані. Зонти встановлюються на висоті 1,7÷1,9 м над підлогою.

Бортові відсмоктувачі (рис. 7.4) застосовують для видалення шкідливих виділень з поверхні розчинів, що знаходяться в різних ваннах, де відбуваються процеси металопокриття. Розрізняють однобортові відсмоктувачі (щілина

відсмоктування розташована вздовж однієї з довгих сторін ванни), двоболтові (щілини розташовані у двох протилежних сторін), і кутові — при розташуванні щілин у двох сусідніх сторін. Бортове відсмоктування називають простим, коли

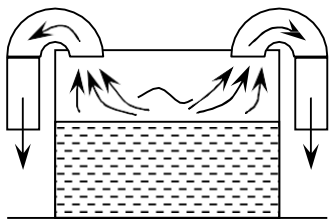


Рисунок 7.4 – Схема перекинутого бортового відсмоктувача

щілини розташовані у вертикальній площині, і перекинутим, коли щілини розташовані горизонтально в площині паралельній дзеркалу ванни.

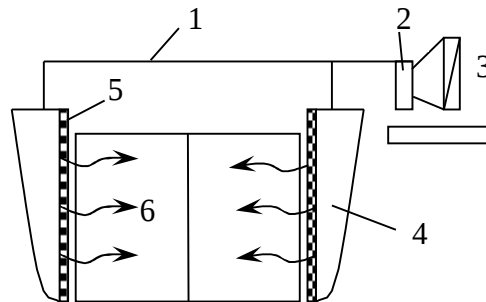
Повітряним душем називають потік повітря, направлений на обмежене робоче місце або безпосередньо на робітника. Особливо ефективно застосування повітряного душу при тепловому опроміненні робітника. У таких випадках повітряний душ влаштовують на місці

найбільш тривалого перебування людини, а якщо в роботі передбачені короткочасні перерви для відпочинку, то і на місці відпочинку. Швидкість і температуру повітря на робочому місці при застосуванні повітряного душу призначають залежно від інтенсивності теплового опромінення людини, тривалості безперервного перебування його під опроміненнями температури навколишнього повітря. При цьому на людину можна направляти потік повітря зі швидкістю $0.5 \div 3.5 \text{ м/с}$ і температурою $18 \div 24^\circ\text{C}$ залежно від періоду року і інтенсивності фізичного навантаження. Вісь повітряного потоку може бути направлена на груди людини горизонтально або зверху під кутом 45° при забезпеченні на робочому місці заданих температур і швидкостей руху повітря, а також в обличчя (зону дихання) горизонтально або зверху під кутом 45° при забезпеченні допустимих концентрацій шкідливих виділень.

По конструкції установки поділяються на стаціонарні і пересувні. Стаціонарні установки подають до патрубків як необроблене, так і оброблене (підігрітий, охолоджене і зволожене) зовнішнє повітря. Пересувні установки подають на робоче місце повітря приміщення. У повітряному потоці може розпилюватися вода. В цьому випадку крапельки води, потрапляючи на одяг і відкриті частини тіла людини, випаровуються і викликають додаткове охолодження.

Повітряна завіса — це вентиляційний пристрій для запобігання проходу повітря через відкритий отвір. У ній використана властивість шибера плоского повітряного струменя. Повітряні завіси влаштовують як у отворів в зовнішніх огороженнях, так і біля отворів у внутрішніх огороженнях. У останньому випадку повітряна завіса перешкоджає перетіканню повітря із забрудненого приміщення в чисте. Влаштовують повітряні завіси також у отворів в огороженнях технологічного устаткування для запобігання вибиванню шкідливих виділень в приміщення. Схема і основні елементи повітряної завіси показані на рис. 7.5. Головним елементом цього вентиляційного пристрою є

повітропровід рівномірної роздачі, забезпечений щілинною насадкою зі спрямовуючими пластинками. Повітря, що виходить з насадка, утворює плоский струмінь. Роздавальні пристрої (один або два) зв'язані повітропроводами з вентиляторами. На схемі показано відцентровий вентилятор, проте повітряні завіси компонуються і з осьовими вентиляторами. При необхідності підігріву повітря в повітряній завісі встановлюють калорифер.



1 – повітропровід; 2 – вентилятор; 3 – калорифер; 4 – повітропровід рівномірної роздачі; 5 – щілинний насадок; 6 – отвір в огороженні
Рисунок 7.5 – Повітряна завіса

Однією з головних ознак для класифікації повітряних завіс слід рахувати режим їх роботи. По режиму роботи розрізняють повітряні завіси двох видів: 1) періодичної дії (повітряні завіси у отворів, що періодично відкриваються); 2) постійної дії (повітряні завіси у постійно відкритих отворів).

Режим роботи теплових завіс визначається вимогами технології виробництва. Періодичність дії обумовлює необхідність проведення розрахунку і наладки повітряної завіси так, щоб її робота не впливала на тепловий і повітряний режими приміщення. Постійність дії дозволяє використовувати повітряну завісу не тільки по прямому її призначенню, але і для організації притоку, витяжки або як повітроопалювальний агрегат.

За напрямом струменя повітряні завіси можна розділити на три види: 1) від низу до верху (з подачею повітря через горизонтальну щілину, розташовану внизу отвору); 2) з горизонтальним напрямом — одно- і двосторонні з подачею повітря через вертикальну щілину, розташовану з однієї або з двох сторін отвору; 3) зверху вниз (з подачею повітря через горизонтальну щілину, розташовану зверху отвору).

Для отворів в зовнішніх огороженнях найбільш доцільний пристрій завіс з подачею повітря від низу до верху, оскільки при цьому найнадійніше запобігається проривання холодного повітря в нижню (робочу) частину приміщення. У випадках можливої зупинки транспорту у відкритому отворі або небезпеці засмічення горизонтальної щілини сипкими матеріалами, падаючими

з транспорту, а також при установці в отворах транспортерів або іншого устаткування слід влаштовувати завісу з бічною подачею повітря. Завіси цього виду набули найбільш широкого поширення. Повітряні завіси з подачею повітря зверху вниз можна рекомендувати в першу чергу для отворів у внутрішніх огороженнях або для отворів в огороженнях технологічного устаткування, тобто для випадків, коли перепад тиску з двох сторін огороження постійний по висоті. Для отворів в зовнішніх огороженнях цей вид повітряної завіси менше підходить, оскільки його застосування пов'язане з небезпекою прориву зовнішнього повітря в нижню (робочу) частину приміщення.

Повітряні завіси з внутрішнім забором і підігрівом повітря влаштовують у отворів в зовнішніх огороженнях приміщень з постійними робочими місцями поблизу воріт і дверей або з підвищеними вимогами до повітряного середовища. Для таких приміщень пристрій повітряних завіс із зовнішнім забором повітря недоцільний, оскільки призводить до збільшення витрат тепла на підігрів повітря. Повітряні завіси з внутрішнім забором повітря без його підігріву влаштовують у отворів в зовнішніх огороженнях приміщень, в яких допускається деяке періодичне пониження температури, а також у отворів у внутрішніх огороженнях. Повітряні завіси із зовнішнім забором і підігрівом повітря влаштовують постійної дії, використовуювані як припливні вентиляційні установки. Використання повітряних завіс із зовнішнім забором повітря без підігріву можливо у разі надлишкового тиску в приміщенні, яке як би видавлює струмінь завіси назовні.

В даний час набувають поширення дво- і багатошарові повітряні завіси, в яких окремі струмені повітря нагріваються до різної температури.

Контрольні питання до розділу 7

1. Що називають аерацією промислової будівлі?
2. Під дією яких чинників виникає природна вентиляція будівель?
3. Які завдання розглядаються при розрахунках систем природної вентиляції?
4. У чому полягає принцип дії систем механічної вентиляції та які існують види цих систем?
5. Які використовуються схеми загальнообмінної вентиляції у будівлях?
6. У чому полягає завдання розрахунку систем механічної вентиляції?
7. Яке устаткування використовується в системах вентиляції?
8. Що таке системи місцевої вентиляції та їх переваги у використанні?
9. Які види місцевої вентиляції використовуються?

РОЗДІЛ 8

ТЕПЛОТЕХНІЧНІ ОСНОВИ КОНДИЦІОНУВАННЯ ПОВІТРЯ

8.1 Завдання кондиціонування повітря

В результаті технологічних і побутових процесів в повітря приміщення поступають тепло і волога. Для підтримки заданих температуро-вологісних умов в приміщенні необхідно подавати в нього повітря з певними параметрами. Параметри зовнішнього повітря змінюються в часі. У окремі періоди року, особливо влітку і зимою, вони можуть помітно відрізнятися від необхідних параметрів повітря. Тому перш ніж подати зовнішнє повітря в приміщення, його необхідно спеціально обробити. Процес створення і підтримки певних параметрів повітряного середовища називають **кондиціонуванням** повітря. Зазвичай при кондиціонуванні повітря його в основному піддають тепловологісній обробці.

Влітку зовнішнє повітря має високу температуру і велику вологість. Перед подачею в приміщення таке повітря необхідно охолодити, а іноді і осушити. Взимку зовнішнє повітря має низьку температуру і невелику вологість, тому перед подачею в приміщення його доводиться нагрівати і зволожувати. Тепловологісній обробці повітря піддають в кондиціонерах.

Комплекс технічних засобів і пристроїв для приготування припливного повітря з заданими параметрами і підтримки в приміщеннях оптимального або заданого стану повітряного середовища (незалежно від зміни зовнішніх і внутрішніх факторів) називається системою кондиціонування повітря (СКП). Система кондиціонування дозволяє автоматично підтримувати задані температуру, вологість і швидкість руху повітря, його чистоту, газовий склад, ароматичні запахи, вміст легких і важких іонів, а у ряді випадків певний барометричний тиск. У більшості житлових, суспільних і промислових будівель сучасні системи кондиціонування дозволяють підтримувати тільки перші чотири з перерахованих параметрів.

Санітарно-гігієнічні вимоги до комфортного кондиціонування полягають в підтримці заданих температури, відносної вологості, чистоти і швидкості руху повітря, різниці між температурами повітря в приміщенні і припливного, рівня шуму в приміщенні від роботи устаткування СКП.

Технологічні системи кондиціонування забезпечують створення повітряного середовища, що сприяє успішному протіканню технологічного процесу. У виробничих приміщеннях, де люди знаходяться тривалий час, технологічне кондиціонування повітря здійснюється з урахуванням санітарно-технічних вимог.

8.2 Процеси обробки повітря в i-d – діаграмі

У системі кондиціонування можуть протікати різні процеси тепловологісної обробки повітря: нагрівання, охолодження, осушення, а також різні їх поєднання. Для тепловологісної обробки використовують різні тепломасообмінні апарати і пристрої, які поділяють на три основні групи: 1) апарати контактного типу, в яких різні процеси тепловологісної обробки повітря проводяться при безпосередньому контакті його з водою; 2) поверхневі теплообмінні апарати, в яких повітря нагрівається або охолоджується в результаті теплообміну між повітрям і твердою поверхнею теплообмінника, при цьому охолодження може супроводжуватися випаданням конденсату (осушенням повітря); 3) апарати, засновані на застосуванні хімічних поглиначів водяної пари і використовувані для осушення повітря.

Крім того, для приготування припливного повітря змішують повітря різних станів, наприклад навколишнє і рециркуляційне, а також підмішують до повітря готову водяну пару. У загальному випадку потрібно декілька тепломасообмінних апаратів, послідовно проходячи через які повітря набуває необхідних параметрів. У кожному апараті змінюється один або декілька параметрів, а кінцевий результат досягається складанням всіх процесів.

Процеси тепловологісної обробки в поверхневих теплообмінниках (рис.

8.1):

1-2 — нагрів повітря без зміни його вологовмісту при температурі теплоносія більшій, ніж температура повітря $t_m > t_n$, $Q_{1-2} = G(I_2 - I_1)$;

1-3 — охолодження повітря без зміни його вологовмісту при $t_m < t_n$, $Q_{1-3} = G(I_1 - I_3)$;

1-3-4 — охолодження і осушення повітря при $t_m < t_{m.p.}$, $Q_{1-3-4} = G(I_1 - I_4)$, $W_{1-3-4} = G(d_1 - d_4)$.

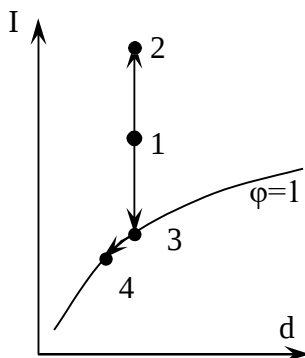


Рисунок 8.1 – Процеси тепловологісної обробки в поверхневих теплообмінниках

Процеси тепловологісної обробки в апаратах змішувального типу.

Характер зміни стану повітря при обробці його водою визначається тільки температурою поверхні води. Це дає можливість на практиці керувати обробкою повітря водою. Підтримуючи постійною необхідну температуру води, отримаємо потрібний напрям процесу обробки повітря водою. Якщо час контакту повітря з водою настільки тривалий, що тепловологообмін йде до фізично можливого кінця, то у всьому

повітрі водяна пара стає насиченою, а повітря приймає температуру поверхні води. У реальних умовах обробки повітря водою в апаратах контактного типу повітря не досягає фізично можливого кінця, процес закінчується раніше.

Оскільки лінія процесу взаємодії повітря з водою завжди направлена на криву $\phi = 1$, то вся область можливих процесів зміни станів вологого повітря, які можна отримати при обробці його водою, обмежена на I-d-діаграмі криволінійним трикутником ABC (рис. 8.2). Дві сторони цього трикутника є дотичними CB і CA проведеними з точки C , що характеризує початковий стан повітря, до кривої, а третя — частина кривої $\phi = 1$, яка поміщена між точками дотику B і A .

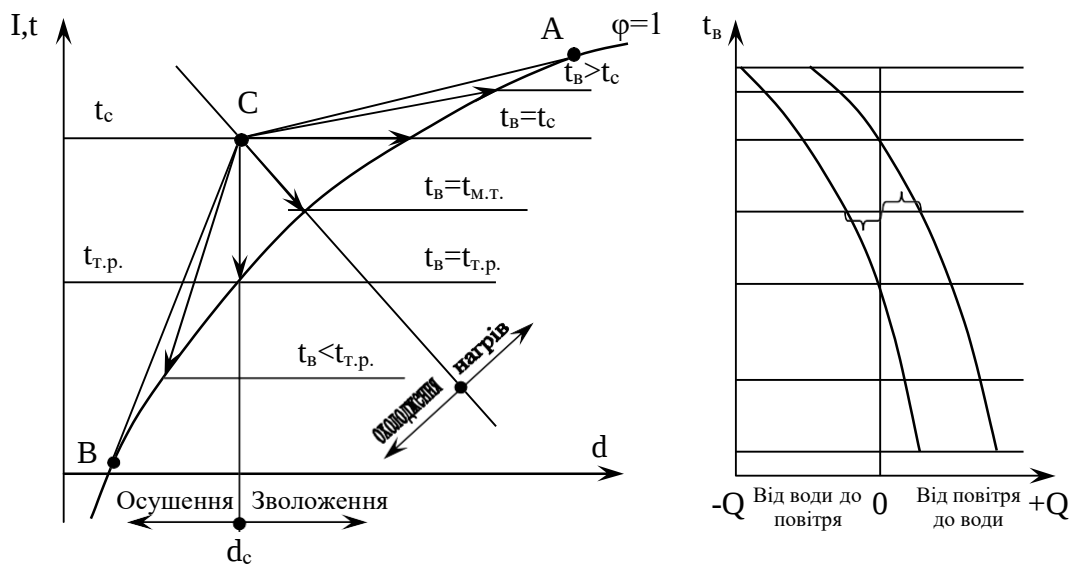


Рисунок 8.2 – Область можливих процесів тепловологісної обробки повітря водою

Залежно від температури поверхні води вся область можливих процесів зміни стану повітря ділиться лініями граничних процесів на характерні сектори:

1) Температура повітря нижча за температуру точки роси оброблюваного повітря. При взаємодії повітря з водою такої температури зменшуються ентальпія, вологовміст і температура повітря.

2) Лінія граничного процесу, коли температура води рівна температурі точки роси оброблюваного повітря $t_w = t_{m.p.}$. Під впливом води такої температури зменшуються ентальпія і температура повітря при незмінному вологовмісті.

3) Температура води вища за температуру точки роси повітря, але нижча за його температуру по мокрому термометру $t_{m.p.} < t_w < t_{m.m.}$. Під впливом води такої температури зменшуються ентальпія і температура повітря, але збільшується його вологовміст.

4) Лінія граничного процесу, коли температура води рівна температурі повітря по мокрому термометру $t_g = t_{m.m.}$. При такій температурі води вологовміст повітря збільшується, температура повітря по сухому термометру знижується, а ентальпія зберігається незмінною.

5) Процеси, коли $t_{m.m.} < t_g < t_c$ характеризуються охолодженням і зволоженням повітря при підвищенні його ентальпії.

6) Процес, що протікає при $t_g = t_c$ називається ізотермічним і характеризується відсутністю явного теплообміну. Відбуваються зволоження повітря і підвищення його ентальпії. Теплообмін за рахунок прихованої теплоти походить від води до повітря.

7) Коли $t_g > t_c$ повітря підвищує всі свої параметри (температуру, ентальпію і вологовміст).

При реальних процесах обробки повітря в зрошувальних камерах кінцева відносна вологість його не досягає значень $\phi = 100\%$. Причиною цьому є зміна температури води і короткочасний контакт повітря з водою. У практичних розрахунках відносну вологість приймають рівною $\phi = 90 \div 95\%$.

8.3 Змішення потоків повітря різних станів

Застосування змішення потоків повітря дозволяє отримати економію у витратах теплоти і холоду на обробку повітря, регулювати параметри повітря і ін. Нехай в камеру змішувача подається потік вологого повітря стану A (I_A, d_A), витрата сухої частки якого m_A , і потік вологого повітря B (I_B, d_B), витрата сухої частки якого m_B . Потрібно визначити параметри суміші повітря ($I_{\text{сум}}, d_{\text{сум}}$). Витрата сухої частки суміші повітря

$$m_{\text{сум}} = m_A + m_B. \quad (8.1)$$

При рішенні цієї задачі вважають, що повітря перемішується ідеально, а камера змішення має ідеальну теплову ізоляцію, що виключає підведення або відведення теплоти при змішенні потоків. Що ж до змішення за наявності підведення теплоти, то очевидно, що цей процес можна умовно розділити на два етапи — змішення без підведення теплоти і потім підвід теплоти до отриманої суміші. При змішенні потоків вологого повітря різних станів можливі два випадки: 1) змішення без утворення конденсату; 2) змішення з утворенням конденсату із частини водяної пари повітря.

У першому випадку стан суміші можна визначити аналітично виходячи з балансу теплоти і вологи

$$I_{\text{сум}} = \frac{m_A I_A + m_B I_B}{m_A + m_B}, \quad d_{\text{сум}} = \frac{m_A d_A + m_B d_B}{m_A + m_B}. \quad (8.2)$$

Графоаналітичне рішення цієї задачі виконують таким чином. На I-d – діаграмі (рис. 8.3) наносять точки *A* і *B*, відповідні стану змішуваних потоків повітря *A* і *B*. Точка *C*, відповідна стану суміші повітря, лежить на прямій, що з'єднує точки *A* і *B*. Пряма *AB* є геометричним місцем точок суміші двох потоків повітря. Місцезнаходження точки *C* на цій лінії залежить від пропорцій повітря станів *A* і *B* і знаходиться за правилом важеля: точка *C* ділить відрізок *AB* на частини зворотно пропорційні масам повітря, що входять в суміш. Відрізок *AC*, що примикає до точки *A*, відповідає в деякому масштабі масі сухої частини повітря m_B , а відрізок *CB* — масі m_A . Вся лінія *AB* пропорційна масі

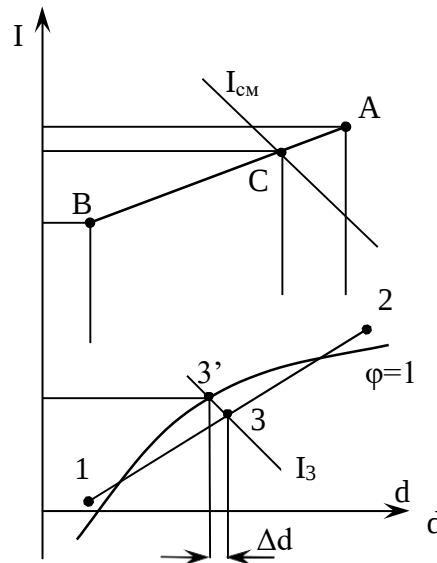


Рисунок 8.3 – Зображення на I-d – діаграмі процесів змішення двох потоків повітря двох різних станів

суміші $m_{\text{сум}}$. Тоді

$$l_{BC} = l_{AB} \cdot m_A / m_{\text{сум}}, \quad (8.3)$$

$$l_{AC} = l_{AB} \cdot m_B / m_{\text{сум}}. \quad (8.4)$$

На практиці часто зустрічається і другий випадок змішення вологого повітря, коли в результаті змішення двох потоків різних станів, кожен з яких має відносну вологість менше 100 %, виходить суміш з відотною вологістю 100 %, а частина водяної пари конденсується і випадає з суміші. Такий результат виходить тоді, коли лінія 1-2 (рис. 8.3) перетинає криву, а точка 3, що характеризує стан суміші, опиняється в зоні туману. Стан суміші повітря після випадання з нього конденсату визначається з достатньою для технічних розрахунків точністю точкою 3', що знаходиться на перетині ізоентальпи з кривою $\phi = 100\%$. Положення точки 3 на лінії 1-2 знаходять так само, як і положення точки *C*.

Якщо змішують більше двох потоків повітря різних станів, розрахунок і

побудову процесів проводять послідовно: спочатку знаходять стан суміші для двох потоків повітря; суміш, що потім вийшла, змішують з третім потоком і т.д.

Контрольні питання до розділу 8

1. У чому полягає завдання кондиціонування повітря?
2. Чим відрізняється кондиціонування від вентиляції?
3. Які санітарно-гігієнічні та технологічні умови пред'являються до кондиціонування повітря?
4. Які використовуються процеси тепловологісної обробки повітря?
5. Як визначаються параметри суміші при змішуванні потоків повітря різних станів?

РОЗДІЛ 9

СИСТЕМИ КОНДИЦІОНУВАННЯ ПОВІТРЯ

9.1 Класифікація систем кондиціонування повітря

За призначенням кондиціонування повітря поділяють на комфортне, технологічне і комфортно-технологічне. Комфортне кондиціонування застосовується в житлових, суспільних і промислових будівлях з метою забезпечення оптимальних санітарно-гігієнічних умов для людей, що знаходяться в приміщенні. Технологічне кондиціонування призначається для забезпечення необхідних умов протікання виробничих процесів (наприклад, формування структури полімерних матеріалів з розчинів, сушильні процеси, обробка будівельних матеріалів і т.п.). В цьому випадку параметри повітряного середовища можуть бути абсолютно непридатні для людини. При комфортно-технологічному кондиціонуванні параметри повітряного середовища, що приймаються для забезпечення оптимальних умов протікання виробничих процесів, відрізняються несуттєво або взагалі не відрізняються від параметрів, відповідних комфортним умовам.

За розташуванням основних елементів системи кондиціонування повітря поділяють на центральні і місцеві. У центральних системах повітря обробляється в одному центральному кондиціонері, від якого він розподіляється по окремих приміщеннях. У місцевих системах повітря обробляється в кондиціонерах, розташованих в окремих приміщеннях. Розподільна система повітропроводів в будівлі в цьому випадку відсутня.

За принципом централізації основних елементів тепло- і холодопостачання системи кондиціонування повітря поділяють на автономні і неавтономні. У автономних системах кожен кондиціонер має свою систему теплохолодопостачання, тобто вбудовану в нього холодильну машину, мережу трубопроводів і апарати, які є джерелами і стоками тепла і вологи. Неавтономні системи мають централізовані, єдині для всієї будівлі або ряду будівель генератори тепла і холоду, від яких розгалуженою мережею тепло- і холодоносії підводяться до окремих кондиціонерів. У великих громадських і промислових будівлях часто застосовують комбіновані системи. У них первинна обробка зовнішнього повітря централізована, а остаточне його доведення для отримання потрібних для окремих приміщень параметрів припливного повітря здійснюється в місцевих вентиляторах або ежекційних довідниках, розташованих в окремих зонах або приміщеннях будівлі.

Центральні системи влаштовують для обслуговування декількох приміщень з аналогічним температуро-вологісним режимом або одного крупного приміщення. Продуктивність таких систем зазвичай вимірюється десятками і сотнями тисяч кубічних метрів повітря за 1 год. Для підтримки

необхідних параметрів повітря в декількох приміщеннях з різними вимогами до температуро-вологісних умов застосовують місцеві системи кондиціонування повітря. Якщо загальна потреба в холоді і теплі декількох місцевих систем в будівлі опиняється дуже великою, доцільно передбачати централізоване теплохолодопостачання з пристроєм неавтономних місцевих установок кондиціонування повітря (кондиціонерів). Якщо кондиціонування повітря передбачається тільки в окремих приміщеннях при порівняно невеликій загальній потребі їх в теплі і холоді, застосування централізованого теплохолодопостачання виявляється недоцільним. У таких умовах використовують місцеві автономні установки кондиціонування повітря, оснащені джерелами тепла і холоду. Зазвичай як джерело тепла для вказаних установок застосовують трубчасті електронагрівачі, а як джерело холоду — вбудовані холодильні машини.

По сезонності забезпечення необхідних параметрів повітря в приміщенні системи кондиціонування поділяють на цілорічні і сезонні. Цілорічні системи забезпечують необхідний режим в теплий, перехідний і холодний періоди року. Сезонні системи забезпечують внутрішній розрахунковий режим або в холодний, або (частіше) в теплий період року.

Системи кондиціонування поділяють також по забезпеченості заданих внутрішніх умов. Системи кондиціонування, що забезпечують строгу підтримку заданих оптимальних значень температури і вологості повітря в приміщенні протягом року, відносять до систем повного кондиціонування. Для цих систем характерна можливість здійснення процесу охолодження і осушення повітря в літній період, для чого необхідна наявність штучних джерел холоду. До систем неповного кондиціонування відносять системи, які в літній період можуть забезпечувати підтримку заданого допустимого значення температури повітря в приміщенні при зміні відносної вологості в деяких межах залежно від стану зовнішнього повітря. У таких системах для охолодження достатньо використання тільки процесу адіабатичної обробки повітря. В цьому випадку відпадає необхідність в штучних джерелах холоду.

9.2 Центральні однозональні системи кондиціонування повітря

Центральні однозональні системи кондиціонування повітря застосовуються для обслуговування одного або декількох окремих приміщень з близьким по характеру температуро-вологісним режимом. Одним з основних і принципових питань проектування систем кондиціонування є вибір схеми обробки повітря. Центральні кондиціонери мають різноманітні схеми тепловологісної обробки повітря. Вони можуть бути прямоочними, які оброблюють тільки зовнішнє повітря, або з однією або двома рециркуляціями,

тобто з підмішуванням в певних пропорціях внутрішнього повітря до основного потоку оброблюваного зовнішнього повітря. Найбільш поширеними є форсункові кондиціонери. Ця назва визначена наявністю в їх зрошувальній камері, через яку проходить оброблюване повітря, форсунок для розбризкування води. У камері може відбуватися процес адіабатичної або політропної обробки повітря.

На рис. 9.1 приведена схема форсункового кондиціонера з двома рециркуляціями і повним кондиціонуванням повітря. Зовнішнє повітря через повітрозабірний пристрій 1, утеплений клапан 2 і повітряний фільтр 3 поступає в калорифери першого ступеня підігріву 4. Калорифер має обвідний канал 5.

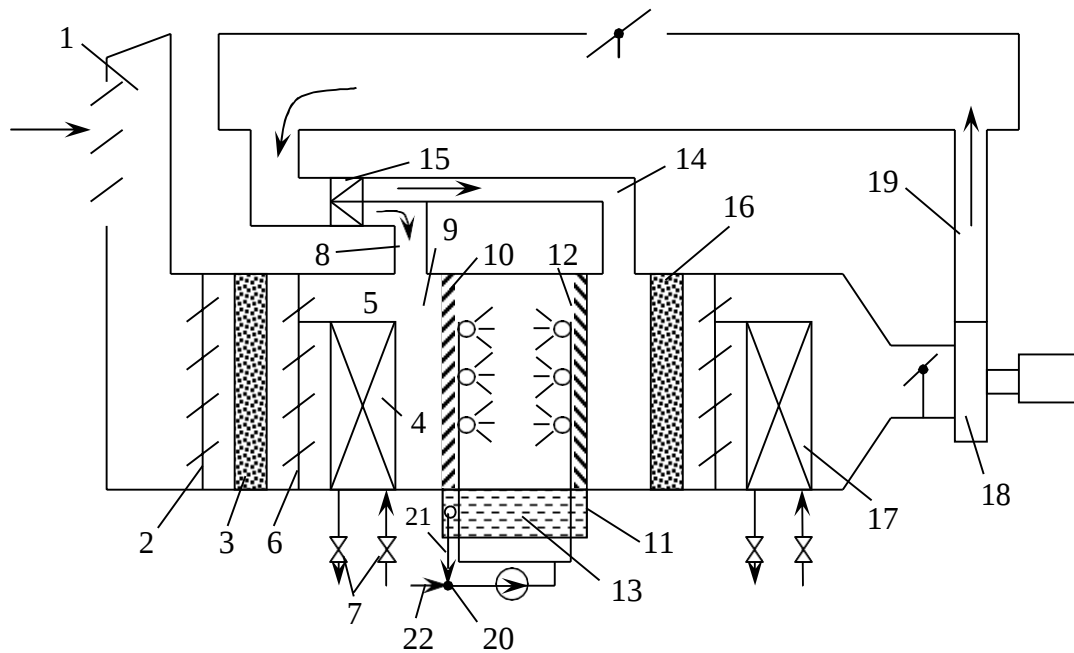


Рисунок 9.1 – Принципова схема форсункового кондиціонера з двома рециркуляціями

Перед обвідним каналом і калорифером встановлені регулюючі клапани 6, за допомогою яких можна змінювати співвідношення кількості повітря, що проходить через калорифер і по обвідному каналу. На підведеннях теплоносія до калорифера встановлені регулюючі засувки 7. Після калорифера до підігрітого зовнішнього повітря підмішується внутрішнє повітря 8 (перша рециркуляція). Змішення відбувається в камері змішувача 9. Далі повітря через сепаратор 10 поступає в зрошувальну камеру 11. У зрошувальній камері встановлені ряди форсунок, що розбризкують воду. Форсунки повинні бути розміщені так, щоб їх факели перекривали весь перетин камери. Повітря проходить через дощовий простір і в процесі зимового кондиціонування адіабатно зволожується. Після зрошувальної камери встановлено другий краплевіділювач 12. У нижній частині зрошувальної камери розташований піддон 13, в який стікає розбризкувана вода. До зволоженого повітря знову

підмішується внутрішнє повітря 14 (друга рециркуляція). На рециркуляційних каналах встановлені регулюючі клапани 15. Після камери змішувача і повітряного фільтру 16 встановлено калорифер другого ступеня підігріву 17, який, як і калорифер першого ступеня підігріву, має обвідний канал, регулюючі клапани і регулюючі засувки на підведеннях теплоносія. Приготоване таким чином повітря поступає у вентилятор 18 і нагнітається в розподільну мережу повітропроводів 19.

В процесі літнього кондиціонування калорифер першого ступеня підігріву не працює. У зрошувальну камеру подають заздалегідь охолоджену воду, що має температуру нижче за температуру оброблюваного повітря, внаслідок чого повітря в зрошувальній камері охолоджується. Якщо температура води нижча за температуру точки роси повітря, що поступає, то воно не тільки охолоджується, але і осушується. Вода з піддону камери перетікає в баки холодильної установки і частково використовується повторно. Температура води, що подається у форсунки, регулюється за допомогою триходового крана змішувача 20, в якому змішується вода з піддону камери 21 з водою, що йде з холодильної установки 22. Калорифери другого ступеня підігріву зазвичай використовуються і для літнього і для зимового кондиціонування.

Прямоточна схема і схема з однією рециркуляцією, по суті, є різновидами розглянутої загальної схеми. У прямоточній схемі не буде подачі рециркуляційного повітря, а при застосуванні однієї рециркуляції зберігається тільки перша подача внутрішнього повітря. Ту або іншу схему обробки повітря в кондиціонері вибирають за даними розрахунку тепловологісного режиму приміщення, по розрахункових зовнішніх параметрах і з урахуванням функціональної специфіки обслуговуваного об'єкту.

При розрахунку центральних однозональних одноканальних систем кондиціонування заданими є витрата повітря G , необхідні кінцеві параметри зовнішнього повітря t_k, ϕ_k і розрахункові параметри зовнішнього повітря для зимового t_3, ϕ_3 і літнього t_l, ϕ_l періодів. Процес обробки повітря в прямоточній системі без рециркуляцій представлений на рис. 9.2.

Зимовий режим роботи.

13-2 – нагрівання в калорифері першого ступеня підігріву $Q_{13-2} = G(I_2 - I_{13})$; 2-3 – охолодження і зволоження в камері зрошування $Q_{2-3} = G(I_2 - I_3)$, $W_{2-3} = G(d_3 - d_2)$; 3-4 – нагрівання в калорифері другого ступеня підігріву $Q_{4-3} = G(I_4 - I_3)$; 4-5 – підігрів у вентиляторі на $1 \div 1.5$ °C.

Літній режим роботи.

Процеси 13-2-3 замінюються процесом 1л-3 в камері зрошування при якому повітря охолоджується і осушується $Q_{1л-3} = G(I_{1л} - I_3)$, $W_{1л-3} = G(d_{1л} - d_3)$.

При розрахунку повітрообміну кількість вентиляційного повітря залежить

від допустимого перепаду температур внутрішнього і припливного повітря. Звичайно ця кількість значно більше потрібної по санітарних нормах для видалення таких шкідливих речовин, як CO_2 і т.п. Тому в тих випадках, коли

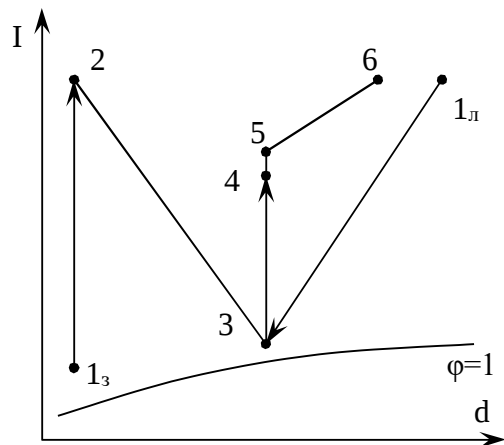


Рисунок 9.2 – Процес обробки повітря в прямоточній системі

немає вказаних раніше обмежень, рекомендується застосування рециркуляції повітря. Застосування рециркуляції дозволяє в холодний період року зменшити витрату тепла, а в теплий період витрату холоду. Зменшення витрати холоду при використанні рециркуляції можливе тільки коли ентальпія видаляемого повітря нижча за ентальпію зовнішнього повітря. Саме з цієї причини не застосовується рециркуляція в системах кондиціювання з використанням адіабатного охолодження в теплий період

року. Найбільше розповсюдження мають системи із застосуванням першої рециркуляції (рис. 9.1).

При використанні системи кондиціювання повітря з рециркуляцією в холодний період року можливі два варіанти змішення зовнішнього і рециркуляційного повітря. У першому варіанті рециркуляційне повітря вступає в суміш з не підігрітим зовнішнім повітрям (процес 1з-1зс-6 на рис. 9.3). Такий варіант рекомендується використовувати, якщо точка суміші виявляється вищою за криву $\phi = 100\%$ і випадання води з повітря немає. Якщо точка суміші не підігрітого зовнішнього і рециркуляційного повітря виявляється

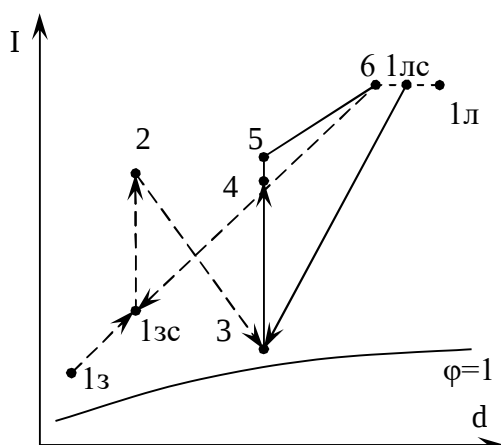


Рисунок 9.3 – Процес обробки повітря в прямоточній системі із застосуванням першої рециркуляції

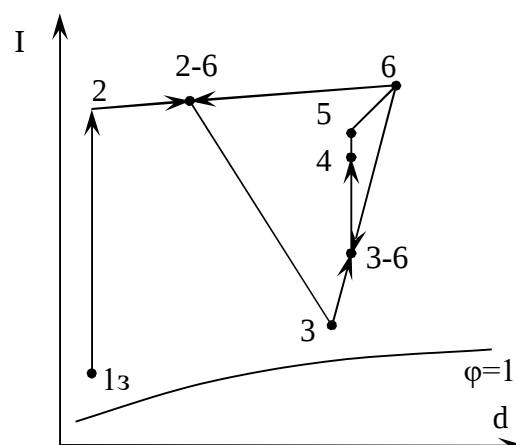


Рисунок 9.4 – Процес обробки повітря в прямоточній системі із застосуванням першої і другої рециркуляції для зимового режиму

нижчою за криву $\phi = 100\%$, застосовується другий варіант, при якому рециркуляційне повітря підмішують до підігрітого зовнішнього повітря після калорифера першого ступеня підігріву (процес 2-6 на рис. 9.4).

З метою деякого скорочення витрати тепла і холоду у ряді випадків проектують системи кондиціонування повітря із застосуванням першої і другої рециркуляцій. Особливість цих систем полягає в тому, що друга рециркуляція частково виконує функцію калорифера другого ступеня підігріву (процес 3 – 3-6 на рис. 9.4).

9.3 Центральні багатозональні системи кондиціонування повітря

У великих будівлях окремі приміщення можуть мати різні тепловологісні режими, і в таких випадках для кондиціонування повітря в них зручно використовувати комбіновані системи. В деяких випадках вдається виділити групи приміщень або окремі зони будівель з близькими режимами. В цьому випадку використовують зональні системи. Звичайне зонування здійснюють, керуючись орієнтацією приміщень по сторонам світа, розташуванням їх по висоті в багатоповерхових будівлях, спільністю внутрішнього тепловологісного режиму і функціонального призначення. Можливі різні схеми зональних систем.

Простою є зональна система з регулюванням зміни витрати повітря. Система розраховується на максимально потрібну для кожної зони кількість припливного повітря з урахуванням деякого коефіцієнта одночасності максимальних навантажень. Повітря готується в центральному кондиціонері і подається у всі зони з однаковими параметрами. Регулювання тепловологісного режиму в окремих зонах і підтримка заданих внутрішніх умов здійснюється тільки зміною кількості повітря, що подається. Зміна кількості припливного повітря є недоліком цієї системи.

Застосовуються також зональні системи з постійною кількістю повітря, але позонним підігрівом або охолодженням його. Повітря, приготоване в центральному кондиціонері, поступає в зональні довідники, де у встановлених теплообмінниках догрівається або доохолоджується. Підтримка заданих умов при постійній витраті повітря забезпечується регулюванням догріву або доохолодження в довідниках.

Зараз широко використовуються системи із зональними ежекційними кондиціонерами-довідниками. У цих системах разом з догрівом і доохолодженням в довіднику забезпечується рециркуляція внутрішнього повітря (підмішування його до основного потоку, що йде з центрального кондиціонера). Рециркуляція зазвичай забезпечується ежектуючою дією основного потоку повітря. В деяких випадках для цієї мети встановлюють

вентилятори. Підігрівати і охолоджувати в довіднику доцільно рециркуляційне повітря.

Можливе застосування зональних двоканальних систем кондиціонування низького, середнього або високого тиску. Системи обладнуються центральними кондиціонерами, в яких готується повітря з різними параметрами. Холодне і гаряче повітря подається самостійними повітропроводами до спеціальних пристроїв змішувачів. Принципово такі ж схеми, як для зональних систем, можуть бути використані для обслуговування окремих приміщень з різними режимами.

9.4 Тепло- і холодопостачання центральних систем кондиціонування повітря

Теплопостачання. Як теплоносії для постачання теплотою повітронагрівачів систем кондиціонування повітря, як правило, застосовують воду. В окремих випадках використовують пару низького тиску, але при цьому встановлюють в обвідному каналі повітронагрівачів повітряні канали, регулюючи температуру підігріву повітря.

Повітронагрівачі першого підігріву приєднують до водяних теплових мереж по безпосередній схемі. Якісне регулювання тепловіддачі повітронагрівачів залежить від температури зовнішнього повітря, здійснюється в цьому випадку централізовано відповідно до температурного графіка роботи тепломережі. Повітронагрівачі другого підігріву і місцевих або зональних довідників забезпечуються водою з постійною температурою. Для приготування води з постійною температурою використовують змішувальні установки. По цій схемі вода з подавальної лінії тепломережі змішується з частиною води, що повертається з повітронагрівачів. Циркуляція води в контурі створюється насосом. Після повітронагрівачів вода частково відводиться в зворотну лінію тепломережі, а частково на рециркуляцію до насоса через зворотний клапан. У теплий період року, коли температура води в тепломережі підтримується на постійному рівні, змішувач відключається і циркуляція води через повітронагрівачі здійснюється по обвідній лінії у насоса.

Розрахункову температуру води, що подається до повітронагрівачів другого, місцевого або зонального підігріву, зазвичай приймають в межах $60 \div 70$ °С. Температура зворотної води $40 \div 50$ °С.

Теплоносії з постійною температурою можна готувати за допомогою водоводяних теплообмінників по незалежній, закритій схемі. По цій схемі вода з подавальної лінії тепломережі поступає у водо-водяний теплообмінник, де нагріває воду до заданої температури (60 °С). Зворотна вода з теплообмінника відводиться в зворотну лінію тепломережі. Насос створює циркуляцію води в

замкнутому контурі. Замкнутий контур вторинного теплоносія забезпечується розширювальним баком з необхідними трубопроводами. Температура зворотної води після повітрянагрівачів приймається рівною 40 °С. Установки з водо-водяними теплообмінниками дорожчі, ніж змішувальні установки, тому їх застосовують, як правило, тільки в тих випадках, коли за умовами гідравлічного режиму теплових мереж потрібна незалежна схема приєднання, а також, коли теплоносієм є пара.

Холодопостачання. Холодоносієм для системи кондиціонування повітря є вода від холодильних установок і значно рідше від природних джерел холоду. До природних джерел холоду відносяться артезіанська вода, вода холодних річок і озер і природний лід.

Артезіанську воду і воду з інших природних джерел застосовують, коли вона є в необхідній кількості з достатньо низькою температурою і забезпечує отримання необхідних параметрів повітря при нагріві води в кондиціонері не менше ніж на 3 °С. Для безпосереднього контакту з повітрям вода повинна бути питної якості. Артезіанська вода має постійну і достатньо низьку температуру, що робить її хорошим, стійким і надійним джерелом холодопостачання. З артезіанської свердловини холодна вода подається в кондиціонер (камеру зрошування або поверхневий повітроохолоджувач). Вода нагріта в кондиціонері, може використовуватися для технічних потреб, викидатися в каналізацію або подаватися в дифузійну свердловину, через яку поступає в товщу земних порід, де знов набуває якостей артезіанської.

Вода холодних річок і озер за своїми якостями і особливостями використання в системах кондиціонування повітря наближається до артезіанської, проте її наявність визначається кліматичними і географічними особливостями районів.

Лід для систем кондиціонування повітря заморожується в бунтах товщиною 2.5 ÷ 3.0 м в зимовий період і закривається шаром теплоізоляції на теплу пору року. За допомогою льоду охолоджується вода, що подається в кондиціонер для охолодження повітря. Вона охолоджується в спеціальних теплообмінниках. Безпосередній контакт між льодом і повітрям, що обробляється в кондиціонерах, не допускається за санітарно-гігієнічними умовами. Природний лід застосовується для невеликих систем з розрахунковою потребою в холоді до 650 МДж/г.

Вода в системах випарного охолодження (бризкальних басейнах, градирнях, камерах зрошування) охолоджується в результаті подачі прихованої теплоти при випаровуванні води в повітрі і використовується в системі кондиціонування. Системи випарного охолодження ефективні в районах зі спекотним і сухим кліматом. Проте цього охолодження недостатньо для використання при кондиціонуванні. Тому системи випарного охолодження зазвичай поєднують з системами штучного холодопостачання для відведення

теплоти від конденсатора холодильних машин. Воду, що подається в кондиціонер, охолоджує в цьому випадку холодильна машина.

Холодоносієм в більшості випадків є вода. При необхідності глибокого охолодження повітря як холодоносія використовують розсоли хлористого кальцію. У центральних кондиціонерах невеликої продуктивності можна використовувати випарник компресійної холодильної машини як поверхневий повітроохолоджувач.

Як штучні джерела холодопостачання систем кондиціонування повітря використовують компресійні, абсорбційні і пароежекторні холодильні установки. Найбільш поширені компресійні холодильні машини. Вода, що нагрівається в кондиціонерах, поступає в бак гарячої води, з якого насосами холодильної установки подається у випарники холодильних машин. З них охолоджена вода прямує в бак холодної води, що є акумулятором холоду, з якого в міру необхідності насосами кондиціонерів подається в камери зрошування або у повітроохолоджувачі для обробки повітря. У системі холодопостачання зазвичай використовують декілька холодильних машин, що забезпечує їх роботу на оптимальних режимах залежно від потреби холоду в різні періоди, а також кращі умови експлуатації систем. Акумулятор холоду в системі холодопостачання необхідний для економічної роботи холодильних машин. Застосування акумулятора холоду дозволяє використовувати холодильну станцію з меншою годинною продуктивністю, ніж максимально годинна потреба в холоді. В цьому випадку холодильні машини можуть працювати періодично на найбільш оптимальних режимах, створюючи запас холоду в акумуляторі на деякий період роботи кондиціонерів. Управління роботою системи холодопостачання здійснюється системою автоматики.

9.5 Місцеві системи кондиціонування повітря

Місцеві неавтономні кондиціонери встановлюють безпосередньо в обслуговуваному приміщенні або поблизу нього; вони приєднуються патрубком до повітрязабірного пристрою, а також мають підведення тепло- і холодоносія. Тепло- або холодоносій подається до місцевих неавтономних кондиціонерів від центральних джерел тепла або холоду по трубопроводах системи теплохолодопостачання.

При необхідності забезпечити кондиціонування повітря окремих невеликих приміщень доцільно використовувати місцеві автономні кондиціонери. Вони поділяються на сезонні (літні) і цілорічні. Літні мають вбудовану холодильну машину або спеціальний пристрій для випарного охолодження повітря. У цілорічних для нагрівання повітря в холодний період року використовуються трубчасті електронагрівачі або холодильні машини, що

працюють за принципом теплового насосу. Останні доцільні, тому що при цьому підвищується коефіцієнт використання устаткування, а також ефективність споживання електроенергії. Так, за допомогою теплового насоса при витраті 1 кВт·год електроенергії можна отримати приблизно в 3 рази більше тепла, чим при використанні нагрівачів, що працюють за принципом електроопору. При використанні теплового насоса тепло відбирають від середовища з низьким температурним потенціалом (водопровідної або артезіанської води, ґрунту, зовнішнього повітря і т.д.) і передають його середовищу з вищим потенціалом (повітрю, що нагрівається).

Автономні кондиціонери бувають віконного, підвіконного і шафового типу.

Конструкція кондиціонера розглянута на прикладі простої спліт-системи настінного типу. Інші типи внутрішніх блоків спліт-системи відрізняються тільки зовнішнім виглядом блоків.

За довгий час модернізації, конструкція кондиціонера набула деяких змін, але за принципом роботи, складом вузлів – не зазнала істотних змін.

Конструкція кондиціонера. Зовнішній блок складається з наступних вузлів (рис. 9.5):

1. Компресор — стискає фреон і сприяє його руху по контуру кондиціонера. Компресори бувають поршневого або спірального типу. Поршневі компресори шумливіші і менш надійні, чим спіральні (постійні великі навантаження при пуску).

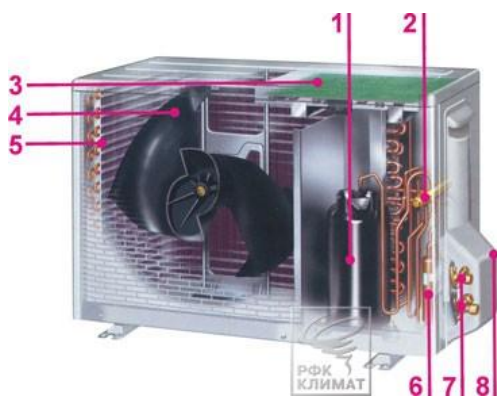


Рисунок 9.5 – Зовнішній блок кондиціонера

2. Чотириходовий клапан — встановлюється в реверсивних (тепло-холод) кондиціонерах. У режимі обігріву цей клапан змінює напрям руху фреону. При цьому внутрішній і зовнішній блок як би змінюються місцями: внутрішній блок працює на обігрів, а зовнішній на охолодження.

3. Плата управління — як правило, встановлюється тільки на інверторних кондиціонерах. У не інверторних моделях всю електроніку прагнуть розміщувати у внутрішньому блоці, оскільки перепади

температури і вологості знижують надійність електронних компонентів.

4. Вентилятор — створює потік повітря, що обдуває конденсатор. У недорогих моделях має тільки одну швидкість обертання. Такий кондиціонер може стабільно працювати в невеликому діапазоні температур зовнішнього повітря. У моделях вищого класу, розрахованих на широкий температурний діапазон, а також у всіх напівпромислових кондиціонерах, вентилятор має 2÷3 фіксованих швидкості обертання або ж плавне регулювання.

5. Конденсатор — радіатор, в якому відбувається охолодження і конденсація фреону. Повітря, що продувається через конденсатор, відповідно, нагрівається.

6. Фільтр фреонової системи — встановлюється перед входом компресора і захищає його від мідної крихти і інших дрібних часток, які можуть потрапити в систему при монтажі кондиціонера.

7. Штуцерні з'єднання — до них підключаються мідні труби, що з'єднують зовнішній і внутрішній блоки.

8. Захисна швидкоз'ємна кришка — закриває штуцерні з'єднання і клемник, використовуваний для підключення електричних кабелів. У деяких моделях захисна кришка закриває тільки клемник, а штуцерні з'єднання залишаються ззовні.

Внутрішній блок (рис. 9.6) складається з наступних вузлів:

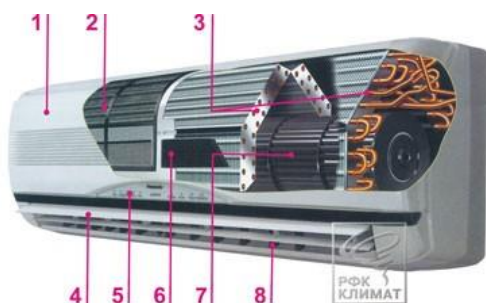


Рисунок 9.6 – Внутрішній блок кондиціонера

1. Передня панель — є пластиковими ґратами, через які всередину блоку поступає повітря. Панель легко знімається для обслуговування кондиціонера (чищення фільтрів і т.п.)

2. Фільтр грубого очищення — є пластиковою сіткою і призначений для затримки крупного пилу, шерсті тварин і т.п. Для нормальної роботи кондиціонера фільтр необхідно чистити не рідше за два рази на місяць.

3. Випарник — радіатор, в якому відбувається нагрів холодного фреону і його випаровування. Повітря, що продувається через радіатор, відповідно, охолоджується.

4. Горизонтальні жалюзі — регулюють напрям повітряного потоку по вертикалі. Ці жалюзі мають електропривод, і їх положення може регулюватися з пульта дистанційного керування. Окрім цього, жалюзі можуть автоматично здійснювати коливальні рухи для рівномірного розподілу повітряного потоку по приміщенню.

5. Індикаторна панель — на передній панелі кондиціонера встановлені індикатори (світлодіоди), що показують режим роботи кондиціонера і сигналізують про можливі несправності.

6. Фільтр тонкого очищення — буває різних типів: вугільний (видаляє неприємні запахи), електростатичний (затримує дрібний пил) і т.п. Наявність або відсутність фільтрів тонкого очищення ніякого впливу на роботу кондиціонера не робить.

7. Вентилятор — має 3÷4 швидкості обертання.

8. Вертикальні жалюзі — служать для регулювання напрямку повітряного

потоків по горизонталі.

9. Піддон для конденсату (на рисунку не показаний) — розташований під випарником і служить для збору конденсату (води, що утворюється на поверхні холодного випарника). З піддону вода виводиться назовні через дренажний шланг.

10. Плата управління (на рисунку не показана) — зазвичай розташовується з правого боку внутрішнього блоку. На цій платі розміщений блок електроніки з центральним мікропроцесором.

11. Штуцерні з'єднання (на рисунку не показані) — розташовані в нижній задній частині внутрішнього блоку. До них підключаються мідні труби, що з'єднують зовнішній і внутрішній блоки.

9.6 Типи кондиціонерів

Віконний кондиціонер (рис. 9.7). Віконний тип простий і дуже примітивний, є моноблочним, врізається у віконний отвір або в стіну. Виробництво віконників добре відпрацьоване за багато років, звідки і береться



Рисунок 9.7 – Віконний кондиціонер

їх довговічність. Добре знайомі по державних установах, де з вікон стирчали, а подекуди і зараз стирчать віконні кондиціонери, вироблені в Баку. У свій час Бакинський завод їх робив на експорт і навіть зараз в Австралії і на Кубі можна зустріти на фермах добре працюючі Бакинські кондиціонери БК. Проте віконні тип має істотні недоліки. Під час роботи віконника його компресор даватиме знати про себе шумом постійно. У віконному типі, оскільки він

моноблочний, компресор знаходиться в приміщенні, а безшумно працюючих компресорів поки що ніхто не винайшов. Встановлюється він безпосередньо у вікно і якщо його прикрити шторою, ефекту від його використання не буде. Якщо віконний кондиціонер закрити шторою або жалюзі, то прохолодно буде не в кімнаті, а між шторою і вікном. Неприємною в грошовому плані буде і установка віконника у вже існуючий склопакет, така установка може коштувати дорожче самої спліт-системи. Його установка погіршуватиме освітленість.

Беззастережним плюсом є низька ціна віконного типу і можливість невеликої подачі свіжого повітря в приміщення. При низькому бюджеті будівництва бізнес установи не дуже високого класу можна обійтися віконними кондиціонерами і замовити вікна під розмір та непогано заощадити на його монтажі. Для його установки фахівців з кондиціонування можна і не викликати.

Спліт-системи. Спліт-системи (рис. 9.8), як тип кондиціонера на відміну

від віконних, діляться самі по собі ще на типи. Під типом спліт-системи в основному розуміють тип внутрішнього блоку, зовнішні блоки за пристроєм фактично однакові для побутового діапазону. Спліт-система має два блоки – внутрішній і зовнішній. Шумливіший з них (де знаходиться компресор)



Рисунок 9.8 – Спліт-система кондиціонування

виноситься на вулицю, а внутрішній, відповідно, усередині приміщення. Спліт-системи з внутрішнім блоком настінного типу набули найбільшого поширення в квартирах, невеликих офісних приміщеннях. Якщо в приміщеннях давно вже виконаний ремонт, є одними з найкращих способів не псувати інтер'єр і

добитися освіжаючої прохолоди. Мають масу переваг: достатньо малощумні і за ціною значно дешевше спліт-систем іншого типу. Також в своєму діапазоні холодильної потужності є монополістами – інші типи спліт-системи не мають холодильної потужності нижче 3,5 кВт. При кондиціонуванні невеликого кабінету настінний тип спліт-системи не має конкурентів.



Рисунок 9.9 – Внутрішній блок підлогово-стельового типу спліт-системи кондиціонування

Спліт-система з внутрішнім блоком підлогово-стельового типу (рис. 9.9). У квартирах майже не використовуються тому що у разі установки під стелею потік охолодженого повітря могутнім струменем поступає в обслуговуване приміщення. У разі установки в підлоговому варіанті, наприклад в перенаселеному працівниками офісі, приносить менше дискомфорту працівникам, ніж наприклад настінний кондиціонер. Будь-який кондиціонер створює біля себе зону, де рухливість повітря буде дуже високою. У настінних блоків це до 3 метрів, у підлогових – 1 метр. У підлоговому варіанті охолоджене повітря йде вгору і нікому особливо не заважає. Отже, підлогово-стельові кондиціонери в

основному застосовуються в офісах, супермаркетах, витягнутих великих приміщеннях.

Спліт-система з внутрішнім блоком касетного типу (рис. 9.10). Цей тип не простий і вимагає підвісної стелі. Внутрішній блок цього типу монтується в міжстельовому просторі між капітальною стелею або підвісною. При цьому видно тільки декоративні ґрати, а не кондиціонер цілком. Розміри видимої частини, декоративних ґрат, стандартизовані під розміри панелі 600 × 600 мм або 1200 × 1200 мм. Повітря для охолодження з приміщення забирається через

центральні ґрати, а повертається в приміщення через жалюзі в чотирьох напрямках, чим достатньо ефективно охолоджує великі приміщення. У таких



Рисунок 9.10 – Внутрішній блок касетного типу спліт-системи кондиціонування

приміщеннях як операційні зали банків, у великих офісах, залах супермаркетів застосування касетних кондиціонерів не псує інтер'єр, ефективно і швидко охолоджує. Касетний тип має ще одну перевагу – дозволяє підмішувати $10 \div 15$ % свіжого повітря, хоча даною перевагою на практиці користуються рідко.

Спліт-система з внутрішнім блоком каналного типу (рис. 9.11). Канальний внутрішній блок має масу переваг в

порівнянні з іншими типами спліт-систем. Розміщується внутрішній блок каналного типу, як і касетний кондиціонер, в міжстельовому просторі. Повітря розподіляється по мережі повітропроводів. Одному каналнику цілком під силу охопити до 10 невеликих приміщень де необхідна холодопродуктивність по

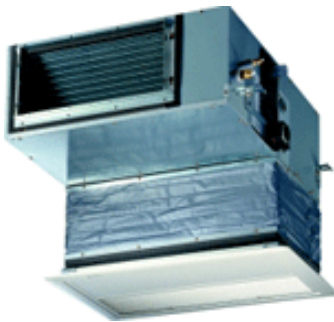


Рисунок 9.11 – Внутрішній блок каналного типу спліт-системи кондиціонування

кожному приміщенню не перевищує 1,3 кВт. Якщо в кожній такій кімнаті встановити по окремій настінній спліт-системі, а мінімальна продуктивність будь-якої настінної спліт-системи нижче 1,8 кВт не буває, переваги встановлення кондиціонування каналного типу приємно здивують ціною в порівнянні з установкою 10 окремих настінних спліт-систем.

Останнім часом кондиціонування каналного типу встановлюють і в квартирах. І дійсно, хоча каналний блок і вимагає

опустити стелю на $20 \div 30$ см, цілком можливо розмістити внутрішній блок (його висота у багатьох виробників вже не перевищує $30 \div 40$ см) в антресолях, коморі або підсобному приміщенні. Мережу повітропроводів проводять по коридору і роздачу повітря в житлові приміщення здійснюють через ґрати з коридору, чим економиться висота стель в кімнатах. Ще однією незаперечною перевагою є те, що при використанні внутрішнього блоку цього типу можна підмішувати до 20 % свіжого повітря. Але є і зворотна сторона – не варто забувати, що свіжим повітрям можна бути забезпеченим тільки тоді, коли на вулиці не нижче -5 °С. Інакше можна вивести з ладу пристрій. Якщо потрібна подача свіжого повітря цілорічно, то для цього необхідна установка окремої припливної системи з обробкою зовнішнього повітря, установкою невеликого електротена, комплекту автоматики, що з одного боку збільшує вартість такої

системи, а з іншого боку дозволяє мати комфортні умови круглий рік. Спліт-системи з внутрішніми блоками каналного типу мають і недоліки. Крім необхідності наявності підвісної стелі, така система не дозволяє регулювати температуру в кожному приміщенні індивідуально. Датчик температури встановлюється в пульті управління кондиціонером і розмістити його можна тільки в одній кімнаті. Відповідно, виставивши температуру в цій кімнаті нижчою, матимете температуру і в інших кімнатах нижче. Іншою проблемою буде те, що кожне з приміщень може мати різний тепловий режим, одна кімната може виходити вікнами на південь, інша на північ. Може утворитися ситуація, коли в одній кімнаті буде максимальне теплове навантаження, а в іншій мінімальне. Установка індивідуального регулювання температури по кожній кімнаті у вартості наблизитиметься до вартості всього устаткування. Останнім недоліком такої системи є те, що монтажу каналного типу кондиціонування повинне передувати добре проектне опрацювання, розрахунок перетинів повітропроводів. Інакше можна отримати ситуацію, коли в одній кімнаті надмірно холодно, а в іншій навпаки спекотно.

Мультиспліт-системи (рис. 9.12). У цих систем до одного зовнішнього блоку можна під'єднати відразу декілька внутрішніх блоків. Основна перевага мультиспліт-системи це наявність одного зовнішнього блоку. В умовах міста, особливо в центрі, велика кількість зовнішніх блоків кондиціонерів, що висять



Рисунок 9.12 – Мультиспліт-системи кондиціонування

на стіні, не тільки псує фасад будівлі, але не залишає іншого вибору ніж використання мультиспліт-системи.

У приватному будинку за містом, ситуація аналогічна – зовнішні блоки кондиціонера, що висять під вікнами котеджу ніяк не можуть бути елементом архітектури. Зовнішній блок можна цілком розмістити на рівні ґрунту на спеціально виконаному для цього бетонному майданчику. Останніми роками найбільшої популярності набувають мультиспліт-

системи, в яких до зовнішнього блоку можна під'єднати внутрішні блоки різних типів: настінні, стельові, касетні і каналні.

Мультизональні системи. VRV або VRF системи є найостаннішим і інноваційним досягненням в кондиціонуванні повітря. За принципом роботи це ті ж самі мультиспліт-системи, але з можливістю підключення до 64 внутрішніх блоків. Важливою перевагою мультизональних систем є різноманітність внутрішніх блоків. Останнє покоління таких систем має одну з незаперечних переваг – максимально допустима довжина фреонових трас до 1000 метрів, що в умовах центральних вулиць міста дозволяє винести зовнішній блок в таке

місце, де він не псуватиме фасад. Дані системи неймовірно економічні і довговічні. Середній термін їх експлуатації до 25 років, в порівнянні з побутовими спліт-системами 6-10 років. Інтелектуальна система управління роботою дозволяє досягти максимальної економії при роботі деяких внутрішніх блоків в режимі охолодження, а інших в режимі тепла. Система VRV (VRF) дозволяє перенести частину тепла з одного приміщення в інше. При цьому споживання системи знижується майже в 2 рази. Встановлюють такі системи найчастіше в бізнес-центрах, торгових центрах, урядових установах і на багатьох інших об'єктах, де необхідна центральна система кондиціонування великої кількості приміщень.

Контрольні питання до розділу 9

1. За якими параметрами класифікуються системи кондиціонування повітря?
2. Як працює центральна одно зональна система кондиціонування повітря в зимовий та літній періоди року?
3. Як використовують рециркуляцію в системах кондиціонування?
4. Принцип дії центральних багатозональних систем кондиціонування повітря?
5. Яким чином відбувається тепло- та холодопостачання в системах кондиціонування?
6. У чому полягає доцільність використання місцевих систем кондиціонування?
7. З яких блоків складається та як працює автономний кондиціонер?
8. Які використовуються сучасні типи кондиціонерів?

ПЕРЕЛІК РЕКОМЕНДОВАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

Основна

1. Голубков Б.Н., Пятачков Б.И., Романова Т.М. Кондиционирование воздуха, отопление и вентиляция. – М.: Энергоиздат, 1982. – 232с.
2. Внутренние санитарно-технические устройства. Ч.І. Отопление. Под ред. Староверова И.Г. – М.: Стройиздат, 1990. – 344с.
3. Свистунов В.М., Пушняков Н.К. Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха объектов агропромышленного комплекса и жилищно-коммунального хозяйства. – СПб.: Политехника, 2001. – 423с.
4. Каменев П.Н., Сканава А.Н. Отопление вентиляция. Ч.1. Отопление. – М.: Стройиздат, 1975. – 483с.
5. Отопление и вентиляция. Ч.2. Вентиляция. Под ред. Богословского В.Н. – М.: Стройиздат, 1976. – 439с.

Додаткова

1. Нестеренко А.В. Основы термодинамических расчетов вентиляции и кондиционирования воздуха. – М.: Высшая школа, 1971. – 289с.
2. Сканава А.Н. Конструирование и расчет систем водяного и воздушного отопления. – М.: Стройиздат, 1977. – 247с.
3. Меклер В.Я., Овчинников П.А. Промышленная вентиляция и кондиционирование воздуха. – М.: Стройиздат, 1978. – 312с.
4. Голубков Б.Н., Романова Т.М., Гусев В.А. Проектирование и эксплуатация установок кондиционирования воздуха и отопления. – М.: Энергоатомиздат, 1988. – 190с.