

С. С. Жуковський, В. Й. Лабай

**СИСТЕМИ
ЕНЕРГОПОСТАЧАННЯ І
ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ МІКРОКЛІМАТУ
БУДИНКІВ ТА СПОРУД**

Рекомендовано
Міністерством освіти України
як навчальний посібник
для студентів спеціальності «Архітектура»

Львів – Астрономо-геодезичне товариство

2000

ББК 38.762

Ж 864

УДК 697.9

Рецензенти: Б. С. Черкес, проф.,
І. І. Середюк, проф.

Жуковський С.С., Лабай В.Й.

Ж 864 Системи енергопостачання і забезпечення мікроклімату будинків та споруд: Навчальний посібник для ВЗО. - Львів: Астрономо-геодезичне товариство, 2000. - 259 с.

Наведені відомості про сучасні системи забезпечення мікроклімату та енергопостачання будинків і споруд від традиційних та альтернативних джерел енергії. Розроблені приклади практичних задач та їх розв'язування. Належна увага надана системам зовнішнього енергопостачання та охороні повітряного басейну населених пунктів.

Розрахований на студентів спеціальності «Архітектура» будівельних і політехнічних ВНЗ. Навчальний посібник може бути використаний викладачами технікумів, коледжів і професійно-технічних училищ як методичний посібник та інженерами-архітекторами як довідковий посібник під час розрахунку обладнання систем енергопостачання і забезпечення мікроклімату будинків та споруд.

Іл. 140. Табл. 71. Бібліогр.: 45 назв.

***Редактор видавництва К.Р. Третяк
Літературний редактор І.Є. Гунько***

ISBN 5-7763-2503-X

© С.С.Жуковський, В.Й. Лабай, 2000

З М І С Т

Передмова	5
Вступ	6
Розділ перший. Мікроклімат приміщень	8
1.1. Фактори комфорту	9
1.2. Нормативні вимоги до мікроклімату приміщень	12
1.3. Розрахункові кліматичні умови для проектування систем забезпечення мікроклімату	15
Розділ другий. Тепловий режим будинків	16
2.1. Тепловий режим приміщення в холодний період року (ХПР)	16
2.2. Вибір захисних конструкцій	23
2.3. Тепловий режим приміщення в теплий період року (ТПР)	27
Розділ третій. Вентиляція і кондиціювання повітря	32
3.1. Класифікація систем вентиляції (СВ)	32
3.2. Організація повітрообміну приміщень	37
3.3. Аеродинамічний розрахунок систем природної канальної вентиляції	41
3.4. Системи кондиціювання повітря (СКП)	45
3.5. Повітроприготування в СВ, СКП і системах повітряного опалення	51
3.6. Конструктивні елементи СВ, СКП і систем повітряного опалення	54
Розділ четвертий. Системи опалення будинків та споруд	73
4.1. Нагрівальні прилади систем опалення	74
4.2. Визначення площі поверхні і кількості елементів нагрівальних приладів водяних систем опалення	80
4.3. Системи водяного опалення	83
4.4. Системи панельно-променевого опалення	88
4.5. Системи парового опалення	93
4.6. Системи повітряного опалення	94
4.7. Системи електричного і комбінованого опалення	98
4.8. Системи квартирної водяного опалення	99
4.9. Системи газового опалення	102
4.10. Опалювальні печі	105
4.11. Каміни	108

Розділ п'ятий. Системи енергопостачання будинків від традиційних джерел енергії	113
5.1. Системи електропостачання та електрообладнання будинків ...	113
5.2. Системи теплопостачання будинків	115
5.2.1. Теплові мережі. Способи прокладання теплопроводів	117
5.2.2. Приєднання споживачів до теплових мереж	120
5.3. Системи гарячого водопостачання будинків	123
5.4. Загальні відомості про котельні установки систем теплопостачання будинків	126
5.5. Системи газопостачання населених пунктів та окремих будинків	139
Розділ шостий. Системи енергопостачання будинків та споруд від альтернативних джерел енергії	147
6.1. Системи теплопостачання будинків та споруд з використанням сонячної енергії	147
6.2. Використання біогазу для систем газопостачання будинків	153
6.3. Використання низькопотенціальних джерел енергії та енергії вітру для теплоелектропостачання будинків	155
Розділ сьомий. Будинки з ефективним використанням енергії	160
7.1. Архітектурні та об'ємно-планувальні рішення будинків з ефективним використанням енергії	161
7.2. Зовнішні захисні конструкції будинків з підвищеними теплозахисними властивостями	162
7.3. Системи опалення, вентиляції і кондиціонування повітря будинків з ефективним використанням енергії	167
Розділ восьмий. Охорона повітряного басейну населених пунктів	170
8.1. Основні забруднювачі повітря, їх розповсюдження в атмосфері та вплив на організм людини	170
8.2. Заходи щодо зменшення забруднення повітряного басейну	172
8.3. Санітарне очищення вентиляційних і технологічних викидів ...	173
8.4. Економічна оцінка та ефективність заходів з охорони повітряного басейну	177
Додатки	179
Список літератури	252

ПЕРЕДМОВА

Навчальний посібник розрахований на студентів спеціальності «Архітектура» будівельних та політехнічних ВЗО. Однак автори врахували інтереси студентів інших спеціальностей.

Курс «Системи енергопостачання і забезпечення мікроклімату будинків та споруд» як навчальна дисципліна зазнає суттєвих змін. Якщо 15...20 років тому цей курс викладався як загальноосвітній, то в останні роки він все помітніше набуває прикладної спрямованості. Навчальний посібник відповідає програмі курсу, затвердженій Міністерством освіти України в 1996 р.

У посібнику в значному обсязі викладені теоретичні і практичні основи систем енергопостачання і забезпечення мікроклімату будинків та споруд. Водночас, враховуючи завдання інженерної підготовки, автори намагались подати достатньо прикладних питань, щоб якомога повніше задовільнити вимоги спеціальності «Архітектура», але уникнути розглядання подробиць, цікавих лише для вузьких спеціалістів. Викладачі, які читають невеликі курси, зможуть почерпнути з навчального посібника той матеріал, який відповідає конкретній програмі того чи іншого курсу, і використати навчальний посібник як основу, додаючи і змінюючи його зміст відповідно до вимог випускаючих кафедр і власного досвіду.

Автори вдячні рецензентам – проф. Б.С. Черкесу та проф. І.І. Середюку, критичні зауваження яких сприяли покращенню посібника, і редактору І.Є. Гунько, яка внесла багато цінних виправлень.

Автори будуть вдячні за всі зауваження і побажання, спрямовані на покращення видання.

Особливу подяку автори висловлюють головним спонсорам навчального посібника, а саме: ППБП «Ль-Арка», СМП ТНВП «Тернобуд», компанія «Західпроектінжбудсервіс», ЛФ ДК «Торговий дім «Газ України», МКП Залізничне теплоенерго, ТзОВ «Спецбудмонтажпроект».

Автори

ВСТУП

Основним завданням систем енергопостачання і забезпечення мікроклімату є створення найбільш сприятливих умов для життя і праці людей, потрібних умов для забезпечення довговічності будинків та споруд, їх будівельних конструкцій та кращого збереження внутрішнього облицювання приміщень.

Мета вивчення цих систем - набуття студентами теоретичних і практичних знань з основ їх проектування. Ці знання необхідні для практичної творчої роботи архітектора.

Проектування інженерних систем будинку є наслідком спільної творчої діяльності архітекторів, технологів, теплотехніків та електроенергетиків. В цьому колективі спеціалісти з теплогазопостачання і вентиляції займають особливе місце, оскільки вони створюють і забезпечують комфортні умови для людей і технологічних процесів.

Системи забезпечення мікроклімату, а в окремих випадках і системи теплопостачання, мають суттєвий, а інколи і вирішальний вплив на об'ємно-планувальні рішення будинків та інтер'єр їх приміщень, витрату теплоенергетичних ресурсів. Недооцінка цього впливу призвела до появи будинків з розвинутим заскленням фасадів і малоінерційними огорожувальними конструкціями, що викликало погіршення мікроклімату приміщень, перевитрату теплоенергетичних ресурсів і не виправдано широке застосування систем кондиціювання повітря.

Архітектори завжди використовували можливості застосування найновіших досягнень технічного прогресу у забезпеченні мікроклімату та енергопостачання будинків, але в сучасних умовах вони знаходяться у значно кращій ситуації, завдяки технічному прогресові.

Коли відомий архітектор Ле Корбузьє висловився щодо будинку, як машини для проживання, маючи найперше на увазі раціоналізацію функціонального призначення, він напевне навіть не припускав якого дослівного змісту наберуть його слова декілька десятиліть пізніше. Ще більше загострила цю проблему світова енергетична криза, у зв'язку з чим виникла необхідність проектування і будівництва енергоощадних та екологічно нешкідливих будівель з підвищеною комфортністю середовища проживання, використовуючи збільшення теплоізоляції будівель,

оптимізацію їх форми , енергію сонячної радіації, вітру, ґрунту, поверхневої і ґрунтової води.

Нині третина споживаної в будинках енергії припадає на системи їх опалення. Річна витрата на ці потреби в житлових будинках при перерахунку на рідке паливо становить приблизно 30...40 літрів нафти на 1м² площі житла. Тимчасом застосування сучасних технологій і матеріалів уможлиблює зменшення кількості споживаної для цієї мети енергії до 4..5 літрів нафти на 1м² площі житла.

Вочевидь, що для такого низького рівня споживання енергії необхідно застосувати нові будівельні матеріали і конструкції, наприклад ефективні утеплювачі і віконні блоки, а також здійснювати контроль та автоматизацію систем теплопостачання і забезпечення мікроклімату.

Суттєво зменшити споживану системами теплопостачання енергію можна завдяки використанню теплоти сонячної енергії, автоматизації систем, їх регулюванню та обліку витрати.

Щоби досягти ефективної архітектури будинків, потрібно максимізувати корисні теплонадходження в них від сонця. Сонячна енергія може надходити в будинок не тільки через світлопрозорі захищення (вікна). Засклення є одним із складників будівлі, що максимально пропускає сонячну енергію в приміщення, але водночас через нього найбільше і втрачається тепла енергія приміщень завдяки різниці температур внутрішнього та зовнішнього повітря в холодний період року.

Економне споживання електроенергії, а також підвищені вимоги до теплозахисних властивостей будівельних конструкцій і використання енергії сонця створюють передумови для розвитку електричних і комбінованих систем теплопостачання будинків з нетрадиційними тепловими джерелами.

Отже, системи енергопостачання і забезпечення мікроклімату займають значне місце в інженерному оснащенні будинків та споруд і вимагають серйозної уваги не тільки на стадії проектування і будівництва, але й експлуатації.

Розділ перший

МІКРОКЛІМАТ ПРИМІЩЕНЬ

Людина перебуває в приміщенні біля 80% свого життя. Тому її здоров'я і працездатність значною мірою залежать від того, наскільки в санітарно-гігієнічному відношенні повітряне середовище приміщення відповідає її фізіологічним потребам.

Фізичний стан повітряного середовища приміщення залежить від таких основних параметрів як температура, відносна вологість і чистота.

Навколишнє середовище, у якому відсутні подразнювальні і збуджувальні фактори, що заважають фізичній чи розумовій роботі або відпочинку, називають **комфортним**.

Комфорт забезпечується не тільки температурою повітря і поверхонь огорожувальних конструкцій, відносною вологістю, рухомістю і чистотою повітря в робочій зоні, але й психологічними факторами. Так, наприклад, на настрій і продуктивність праці можуть впливати люди, що перебувають поруч, організація робочого місця, гама кольорів і взаємодія всіх перелічених факторів між собою. Недотримання одного з параметрів може порушити рівновагу.

Хоч людський організм легко адаптується до навколишніх умов, сама адаптація є скоріше психічною, а ніж фізичною реакцією людини на ці умови. Навколишнє середовище може бути несприятливим для людського організму, однак сама людина може цього не усвідомлювати.

Людина пізнає світ частково через відчуття і частково свідомістю. Що стосується фізичного стану навколишнього середовища, то тут система чуттєвого сприйняття людини може вибрати багато збуджувальних сигналів.

Збуджувальний сигнал навколишнього середовища сприймається чуттєвим органом (наприклад, вухом, оком, терморецептором шкіри), в якому відбувається перетворення первинного сигналу (звукового, світлового, температурного чи іншого) в ряд нервових імпульсів, що передаються далі в центральну нервову систему. Сигнали обробляються в корі і підкірковій ділянці головного мозку, після чого настає відповідна реакція організму. Людина може реагувати на навколишнє середовище активно (наприклад, бути збудженою шумом, чи бути осліпленою світлом, відчувати холод в холодному приміщенні) або пасивно, якщо навколишні умови залишаються незмінними.

Безперечно, кожній людині відповідають свої власні межі комфортних параметрів, які залежать від різного ступеня активної діяльності людини. Завдання інженера і архітектора - створити такі комфортні умови, які були б сприятливі для переважної кількості людей, що перебувають в приміщенні.

Фізико-динамічна модель комфорту, запропонована Д. Крумом [16], дає змогу визначити такі поняття як свіжість, здатність пізнання навколишніх умов. В цій моделі навколишні умови розглядаються як єдине ціле і встановлюється зв'язок між комфортом і роботою або відпочинком. Так, наприклад, для людини на пляжі високий рівень сонячної радіації цілком комфортний, хоч такий самий рівень сонячної радіації несприятливий для людини, яка працює в приміщенні з розвиненим заскленням.

Свіжість – термін, який визначає стан навколишнього середовища, коли людина відчуває силу і бадьорість. Це поняття може бути пов'язане з кольором, температурою, рухомістю, відносною вологістю, чистотою, запахом, іонним складом повітряного середовища тощо.

Вимоги до фізичного стану навколишнього середовища, коли відчувається “свіжість” такі:

- а) температура в приміщенні повинна бути настільки низькою, наскільки дозволяють умови комфорту;
- б) рухомість повітря в приміщенні повинна відповідати нормам рухомості без локальних протягів;
- в) швидкість і напрямок руху повітря в приміщенні мають бути змінними;
- г) відносна вологість повітря не повинна перевищувати 70%;
- д) температура повітря на рівні голови людини повинна бути на 2...3°C нижча від температури біля ніг; на голову не повинно діяти радіаційне тепло;
- є) повітря не повинно мати запаху.

1.1. ФАКТОРИ КОМФОРТУ

Постачання кисню. Кисень з повітрям надходить в легені людини, поверхня яких покрита дрібними комірками (альвеолами), що заповнені повітрям. Альвеоли вкриті мережею капілярних кров'яних судин. Через їх стінки кисень надходить у кров і скеровується у тканини організму, де використовується для засвоєння продуктів харчування. Під час цього виділяється теплова і механічна енергія.

Температура навколишнього середовища. Теплообмін між людським організмом і навколишнім середовищем відбувається конвекцією, випромінюванням і випаровуванням. Інтенсивність проходження цих процесів залежить від температури поверхні тіла людини, інтенсивності

фізичної роботи, різниці парціальних тисків водяної пари на поверхні тіла і в навколишньому повітрі, швидкості навколишнього повітря, пози людини, її одягу, площі поверхні тіла тощо.

Температура навколишнього середовища суттєво впливає на продуктивність праці. За даними Лінка і Пеплера [39], оплата праці жінок від виробітку зменшується на 0,84% на кожен градус підвищення температури повітря в межах 24...32°C; при восьмиградусному підвищенні температури продуктивність скорочується на 7%.

З погляду комфорту дослідження, проведені у Швейцарії в п'ятнадцяти великозальних конторських приміщеннях, показали, що більшість опитаних людей віддали перевагу температурі 22...24°C. При цьому температура захисних конструкцій відрізнялась від температури повітря не більше, ніж на 2%, за винятком температури вікон, яка в теплий період року досягала 30...50°C. В країнах Арабського Сходу сприйнятлива температура за кульовим термометром 31...38°C, тоді як в Англії – 18...23°C; в Україні – 16...25°C (залежно від виду роботи і кліматичного району).

Термічний опір живої тканини залежить від кількості крові, що тече під поверхню шкіри. З пониженням температури навколишнього середовища шкіра охолоджується, внаслідок чого кров'яні судини поблизу неї звужуються, що викликає скорочення кількості крові, яка тече по них, і зменшення тепловтрат тілом людини. Під час підвищення температури навколишнього середовища процес проходить у зворотному напрямку і супроводжується підведенням до поверхні тіла більшої кількості крові, завдяки чому збільшується тепловіддача людини.

Поверхневий коефіцієнт тепловіддачі тіла становить:

$$\alpha = \alpha_k + \alpha_{np}, \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К}); \quad (1.1)$$

$$\alpha_k \cong 13\sqrt{v}, \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К}); \quad (1.2)$$

$$\alpha_{np} \cong 4.7 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К}), \quad (1.3)$$

де α_k і α_{np} - відповідно, коефіцієнт тепловіддачі тіла людини конвекцією і випромінюванням, Вт/(м²·К); v – рухомість повітря, м/с.

Поверхневий термічний опір тіла $R = 1/\alpha$.

Термічний опір одягу вимірюється в КЛО (1 КЛО = 0,155 м²·К/Вт). Для деяких видів одягу маємо такі значення термічного опору:

- брючний костюм зі звичайною нижньою білизною $R_{\text{одягу}} = 1$ КЛО;
- зимовий одяг $R_{\text{одягу}} = 1,5...2$ КЛО;
- одяг для умов Арктики $R_{\text{одягу}} = 4$ КЛО.

Середня радіаційна температура приміщення t_R (усереднена температура огорожувальних поверхонь приміщення) визначається за температурою кульового термометра, температурою і швидкістю внутрішнього повітря.

Для нормальної життєдіяльності і доброго самопочуття людини повинен бути тепловий баланс між теплотою, що виробляється організмом, і теплотою, що віддається в навколишнє середовище.

Відносна вологість. Блек і Мілрой [30] на основі опитування ряду службовців встановили, що при температурі вище 22°C відносна вологість не повинна перевищувати 50%. Дані інших досліджень також підтверджують, що зі зростанням температури відносна вологість повинна зменшуватись.

Еверт [32] зробив висновок, що комфортно є відносна вологість повітря 40...60%. Відносна вологість впливає не тільки на самопочуття людей, але й на стан меблів і виробів мистецтва, а також ріст декоративних рослин.

Інша проблема, що пов'язана з сухістю повітря – статичні електророзряди, що виникають від недостатньої кількості молекул води, до яких могли б прилипати тверді частинки.

Рухомість повітря. Рухомість повітря в приміщенні виникає внаслідок природної конвекції, інфільтрації, роботи системи повітряного опалення (СО), систем вентиляції (СВ) чи кондиціонування повітря (СКП). Для забезпечення рухомості повітря в заданих комфортних межах застосовують СКП, СВ і СО. Якщо повітряний потік спрямований на потилицю людини, то його швидкість не повинна перевищувати 0,15 м/с. Під час виконання фізичної роботи людина задовільно сприймає швидкість повітря до 0,5 м/с; під час дії змінного в просторі і в часі повітряного потоку людина задовільно переносить вищі і короткочасно діючі швидкості повітря.

Інтенсивні конвективні потоки в поєднанні з інфільтрацією часто спричиняють виникнення протягів.

Іонізація. На Сході ще за 3000 років до нашої ери вперше виникло таке поняття як “прана” – невідома життєстверджувальна властивість оточуючого людину повітря, що викликає добре самопочуття.

Під час передавання нервових імпульсів і відповідних хімічних реакцій в організмі людини виникають електричні потенціали і пов'язані з цим магнітні поля. Можливо, “прана” – це навколишнє електромагнітне поле, яке взаємодіє з магнітним полем людини. Резонанс між електромагнітними полями двох людей або між людиною і навколишнім середовищем визначає добре самопочуття і настрій.

У зовнішньому повітрі переважають негативно заряджені іони: відношення кількості позитивно заряджених іонів до негативно

заряджених змінюється від 1:1 до 1:5 при середньому значенні 1:2. У внутрішньому повітрі це відношення становить 4:1. Всередині приміщення бажано мати меншу концентрацію позитивно заряджених іонів; перевага надається вищій концентрації негативно заряджених іонів. Помічено, що в умовах лікувального закладу негативно заряджені іони сприятливо впливають на здоров'я людини. Однак, ще до кінця не в'яснено, чи мають вони значний вплив на комфорт. Так, американські вчені вважають, що іонізатор є життєво важливою частиною системи кондиціонування повітря (СКП).

Інші фактори комфорту. Дослідження [44], проведені у Швеції в 38-ми конторських приміщеннях (з декоративними рослинами), виявили, що невеликі приміщення мали добрі акустичні характеристики і незадовільну рухомість повітря, а великі – навпаки. Причому з погляду якості акустики, освітлення, вентиляції і планування ні одне з приміщень не задовольняло всі чотири показники.

Значна роль у зв'язку людини з навколишнім середовищем належить *вікнам*. За результатами досліджень [36,45] розроблені такі рекомендації: люди віддають перевагу декільком великим вікнам, а не багатьом малого розміру; вузькі міжвіконні простінки сприяють збереженню візуальної цілісності зовнішнього краєвиду; віддається перевага горизонтальним формам (вид на дугоподібну лінію горизонту повинен бути якомога ширшим і містити частину небосхилу вище цієї лінії і частину землі нижче, що нагадує “золотий переріз”, відкритий давньогрецькими архітекторами і художниками).

Цікавим є *вплив на людину безвіконних будинків* (виробничі корпуси радіоелектронних виробів, космічної і прецизійної техніки тощо). Переваги таких будинків: мінімальні теплонадходження від сонячної радіації, значне зниження тепловтрат, зменшення рівня шуму від зовнішніх джерел.

1.2. НОРМАТИВНІ ВИМОГИ ДО МІКРОКЛІМАТУ ПРИМІЩЕНЬ

Під **мікрокліматом приміщень** розуміють сукупність параметрів теплового, повітряного і вологісного режимів. Основна вимога до мікроклімату – підтримання сприятливих умов перебування людей в приміщенні.

Інтенсивність тепловіддачі людини залежить від мікроклімату приміщення, що характеризується температурою внутрішнього повітря t_v , радіаційною температурою приміщення t_R , рухомістю v_v і відносною вологістю ϕ_v повітря. Поєднання цих параметрів мікроклімату, при яких зберігається тепла рівновага в організмі

людини і відсутнє напруження в її системі терморегулювання, називають **комфортними**, або **оптимальними**. Найважливіше підтримувати у приміщенні сприятливі температурні умови.

Зона комфортних поєднань t_v і t_R для громадських будинків зображена на рис.1.1.

Крім оптимальних у приміщенні підтримують **допустимі** поєднання параметрів мікроклімату, при яких людина відчуває невеликий дискомфорт, що не викликає змін в організмі людини.

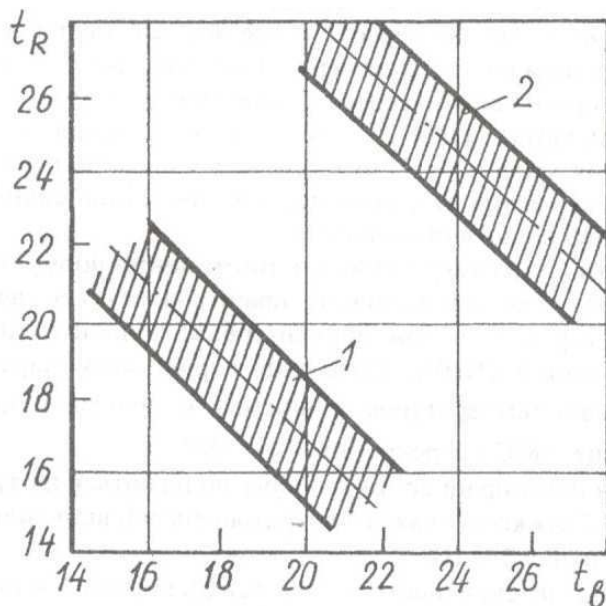


Рис. 1.1. Комфортні поєднання t_v і t_R для житлових будинків:

- 1 – для холодного періоду року;
- 2 – для теплого періоду року

Як оптимальні, так і допустимі параметри мікроклімату повинні дотримуватись у робочій зоні приміщення.

Простір приміщення висотою 2 м з постійним перебуванням людей – якщо люди стоять або рухаються і 1,5 м – якщо люди сидять, називають **робочою зоною**.

Теплові умови в приміщенні залежать переважно від t_v і t_R , тобто від його температурного доквілля, яке прийнято характеризувати двома умовами комфортності.

Перша умова комфортності температурного довкілля визначає такі поєднання t_b і t_R , при яких людина, що перебуває в центрі робочої зони, не відчуває ні перегріву, ні переохолодження.

Для людини у стані спокою $t_b = 21...23^{\circ}\text{C}$, при легкій роботі – $19...21^{\circ}\text{C}$, при важкій – $14...16^{\circ}\text{C}$.

Друга умова комфортності визначає допустимі температури нагрітих і охолоджених поверхонь під час перебування людини у безпосередній близькості від них і отже обмежує інтенсивність променевого теплообміну. Температура поверхні підлоги в ХПР може бути на $2...2,5^{\circ}\text{C}$ нижчою за температуру повітря приміщення внаслідок високої чутливості ніг до переохолодження, але не вищою $22...34^{\circ}\text{C}$ залежно від призначення приміщень. Основні нормативні вимоги до мікроклімату приміщень наведені в санітарних нормах і Державних галузевих стандартах (ДГСТ). Під час визначення розрахункових метеорологічних умов в приміщенні враховується здатність людського організму до акліматизації в різні періоди року, інтенсивність роботи і характер тепловиділень в приміщенні.

Розрахункові параметри повітря приміщення нормуються залежно від періоду року та інтенсивності праці людей, які перебувають в приміщенні. Розрізняють **три періоди року**: теплий (ТПР), холодний (ХПР) і перехідний (ППР). Холодний період року характеризується середньодобовою температурою зовнішнього повітря t_3 нижче $+8^{\circ}\text{C}$, теплий – t_3 вище $+8^{\circ}\text{C}$ і перехідний – $t_3 = +8^{\circ}\text{C}$.

За інтенсивністю праці всі **види робіт** поділяються на **три категорії**: легкі, середньої важкості і важкі з витратою енергії відповідно до 172 Вт, 172...293 Вт і більше 293 Вт.

Залежно від інтенсивності явних тепловиділень розрізняють **три групи приміщень**: виробничі приміщення з незначними явними теплонадлишками (до 23 Вт/м^3); виробничі приміщення зі значними явними надлишками теплоти (більше 23 Вт/м^3); житлові, громадські і адміністративно-побутові приміщення при будь-яких значеннях надлишків **явної теплоти**. Причому під останньою розуміють теплоту, що надходить в приміщення від обладнання, нагрітих матеріалів, людей, сонячної радіації та інших джерел теплоти конвекцією і випромінюванням.

Оптимальні і допустимі метеорологічні умови встановлюються БНіП і ДГСТ. В ХПР оптимальна температура повітря становить: для легкої роботи $20...23^{\circ}\text{C}$, для роботи середньої важкості $17...20^{\circ}\text{C}$, для важкої роботи $16...18^{\circ}\text{C}$; допустимі температури становлять, відповідно, $19...25$, $15...23$ і $13...19^{\circ}\text{C}$. Для ТПР оптимальні температури повітря для вказаних категорій робіт становлять відповідно $22...25$, $21...23$ і

18...21°C. Максимально допустима температура повітря в робочій зоні дорівнює 28°C і лише при розрахунковій температурі зовнішнього повітря вище 25°C допускається до 33°C.

Оптимальні значення відносної вологості 40...60%. Оптимальні швидкості повітря в приміщенні для ХПР приймаються 0,2...0,3 м/с, а для ТПР 0,2...0,5 м/с.

В ТПР метеорологічні умови не нормуються у приміщеннях житлових будинків, а також в громадських, адміністративно-побутових і виробничих приміщеннях в періоди, коли вони не використовуються і в неробочий час.

1.3. РОЗРАХУНКОВІ КЛІМАТОЛОГІЧНІ УМОВИ ДЛЯ ПРОЕКТУВАННЯ СИСТЕМ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ МІКРОКЛІМАТУ

Потрібний мікроклімат приміщень створюється системами інженерного обладнання будинків: опаленням, вентиляцією і кондиціонуванням повітря.

Для ХПР визначальними параметрами клімату є температура зовнішнього повітря t_3 і швидкість вітру v_3 .

Визначення розрахункових зовнішніх умов для ХПР переважно полягає у встановленні розрахункового поєднання t_3 і v_3 з урахуванням заданого коефіцієнта забезпеченості $K_{заб\ n}$, який показує у частках одиниці або у процентах кількість випадків n , коли недопустиме відхилення від розрахункових умов.

Розрахункові параметри зовнішнього повітря на основі даних метеоспостережень наводяться в ДГСТ або БНіП [25]. Згідно БНіП [23, 24] клімат холодного і теплого періодів року для різних населених пунктів характеризується двома розрахунковими категоріями параметрів зовнішнього повітря: А і Б.

Розрахункові параметри зовнішнього повітря категорій А і Б для основних міст України наведені в дод. 2.

Для розрахунку СВ цивільних і виробничих приміщень в теплий період року як розрахункові приймають параметри категорії А, для СКП – параметри категорії Б, а для СО, СВ і СКП в холодний період року – параметри категорії Б.

Для СВ будинків сільськогосподарського призначення для ТПР і ХПР приймають розрахункові параметри категорії А, а для СО і СВ - розрахункову температуру зовнішнього повітря + 8°C.

Розрахункова температура t_3^B в ХПР значно вища від абсолютної мінімальної температури.

Розрахунок СО на абсолютно мінімальну температуру, яка спостерігається раз в декілька років, причому на протязі короткого періоду часу, економічно недоцільний. Короткочасне різке пониження температури зовнішнього повітря, завдяки теплоакumuлюючій здатності будівельних конструкцій і меблів у приміщенні, не призводить до помітних змін температури внутрішнього повітря.

Згідно БНіП тривалість опалювального періоду залежить від кількості днів з середньодобовою температурою $+8^{\circ}\text{C}$ і нижче. Однак експлуатаційна практика показала, що потреба в опаленні житлових і громадських будинків виникає при температурі зовнішнього повітря нижчій $10...12^{\circ}\text{C}$.

Під час проектування СО виробничих будинків необхідно враховувати, що початок і кінець опалювального періоду цих будинків визначається зовнішньою температурою, при якій тепловтрати через захищення стають рівними внутрішнім тепловиділенням. Для значної кількості випадків тривалість опалювального періоду у виробничих будинках коротша, оскільки тепловиділення в них можуть бути великими.

Контрольні питання

1. Які фактори навколишнього середовища називаються комфортними і як вони забезпечуються?
2. Які вимоги ставляться до навколишнього середовища, у якому людина відчуває "свіжість"?
3. Які основні фактори характеризують комфорт?
4. Які параметри визначають мікроклімат приміщення?
5. У чому полягає відмінність між першою і другою умовами комфортності температурного довкілля?
6. Як класифікуються і чим відрізняються нормативні метеорологічні умови приміщень?
7. Як нормуються розрахункові параметри зовнішнього повітря в холодний і теплий періоди року?

Розділ другий

ТЕПЛОВИЙ РЕЖИМ БУДИНКІВ

2.1. ТЕПЛОВИЙ РЕЖИМ ПРИМІЩЕННЯ В ХОЛОДНИЙ ПЕРІОД РОКУ (ХПР)

У ХПР приміщення втрачає теплоту через зовнішні захищення. Теплота приміщення витрачається також на нагрівання повітря, яке інфільтрує через зовнішні захищення або надходить через прорізи

дверей чи воріт, на нагрівання матеріалів, транспортних засобів, виробів, одягу, які надходять холодними з вулиці у приміщення. Окрім цього, технологічні процеси можуть бути пов'язані з випаровуванням рідин, що супроводжується витратами теплоти приміщення. З іншого боку, теплота надходить у приміщення від технологічного обладнання, джерел штучного освітлення, нагрітих матеріалів і виробів, від людей, які перебувають у приміщенні, тощо.

Зведення всіх складових надходжень і втрат теплоти в тепловому балансі приміщення визначає дефіцит або надлишок теплоти. Дефіцит теплоти вказує на необхідність влаштування у приміщенні системи опалення (СО).

Теплову потужність СО будинку з негерметизованими вікнами, наприклад житлового, можна визначити, склавши баланс втрат теплоти окремих приміщень для ХПР, у вигляді:

$$Q_{CO} = Q_{зах} + Q_{інф} - Q_{побут}, \text{ Вт}, \quad (2.1)$$

де $Q_{зах}$ – тепловтрати через захищення приміщення, Вт; $Q_{інф}$ – тепловтрати на нагрівання інфільтраційного повітря, Вт; $Q_{побут}$ – регулярний тепловий потік, який надходить в кімнати і кухні житлових будинків, Вт, ($Q_{побут} = 21 \text{ Вт/1м}^2$ підлоги [23]).

Теплову потужність СО будинку з герметичними вікнами можна визначити за таким годинним тепловим балансом:

$$Q_{CO} = Q_{зах} + Q_{вент} - (Q_{побут} + Q_{утиліз}), \text{ Вт}, \quad (2.2)$$

де $Q_{вент}$ – втрати теплоти на нагрівання припливного вентиляційного повітря (кількість вентиляційного зовнішнього повітря приймають з розрахунку однократного повітрообміну за годину), Вт; $Q_{утиліз}$ – кількість теплоти, утилізованої з викидного вентиляційного повітря, Вт.

З врахуванням теплоти сонячної радіації тепловий баланс набуде вигляду:

$$Q_{CO} = Q_{зах} + Q_{вент} - (Q_{побут} + Q_{утиліз} + Q_{рад}), \text{ Вт}, \quad (2.3)$$

де $Q_{рад}$ – розрахункова кількість теплоти сонячної радіації, що надходить у приміщення будинку, Вт.

Розрахункова теплова потужність СО повинна відповідати максимальному дефіциту теплоти.

Для промислових будинків теплову потужність СО визначають в межах найменших теплонадходжень. Для цього враховують розподілення температури по висоті приміщення, тепловтрати на нагрівання повітря, яке надходить через прорізи воріт і технологічні прорізи зовнішніх захищень, тепловтрати на нагрівання матеріалів, транспортних засобів тощо.

Тепловтрати через окремі зовнішні захищення завдяки теплопередачі визначають за формулою:

$$Q_{\text{зовн}} = \frac{1}{R_3^{\Phi}} \cdot (t_{\text{в}} - t_{\text{х5}}) \cdot n \cdot F \cdot \eta, \text{ Вт}, \quad (2.4)$$

де $t_{\text{в}}$ – розрахункова температура в приміщенні, °С; $t_{\text{х5}}$ – температура холодної п'ятиденки для району будівництва, °С ; n – поправний коефіцієнт на різницю температур ($n < 1$); F – площа захищення, через яку втрачається теплота, м²; η – коефіцієнт, який враховує додаткові тепловтрати; R_3^{Φ} – фактичний загальний термічний опір теплопередачі захищення, м²·К/Вт.

Тепловтрати $Q_{\text{зах}}$ дорівнюють сумі втрат теплоти через зовнішні захищення приміщення, а також втрат або надходжень теплоти через внутрішні захищення ($Q_{\text{зах}} = Q_{\text{зовн}} \pm Q_{\text{вн}}$); $Q_{\text{вн}}$ враховують, якщо температура повітря у сусідніх приміщеннях нижча або вища на 3°С і більше від температури у даному приміщенні.

Додаткові втрати теплоти враховують як процентні додачі до основних тепловтрат:

1. *На орієнтацію зовнішніх захищень* за сторонами горизонту (рис. 2.1). Приймають для всіх вертикальних і похилих до вертикалі зовнішніх захищень.

2. *На кутові приміщення*. Враховують 5% додачею до основних тепловтрат зовнішніх вертикальних захищень.

3. *На проникання холодного повітря через прорізи дверей і воріт*, які необладнані повітряно-тепловою завісою, тамбуром чи шлюзом. В промислових будинках для воріт без тамбура і шлюза, якщо вони відкриті менше 15 хв за годину додачу приймають 300%. В громадських будинках з перепускною здатністю воріт 500...600 людей за годину додачу приймають 500%. Оскільки ця додача значна, то з метою її зменшення входи в будинки необхідно передбачити з тамбуром, шлюзом, або обладнати обертовими дверима.

4. *На висоту*. Враховують для приміщень громадських будинків висотою більше 4 м. Розрахункові значення тепловтрат всіх зовнішніх захищень збільшують на 2% на кожен метр висоти, що перевищує 4 м, але не більше 15%. Сходові приміщення – це переважно високі приміщення, тому для зменшення тепловтрат їх доцільно зонувати (розбивати на ізольовані по висоті зони).

Розрахунок тепловтрат приміщень наведений в прикладі 2.1.

Приклад 2.1. Виконати розрахунок тепловтрат у кутовому приміщенні І поверху житлового будинку у м.Львові. Приміщення має зовнішню стіну площею $F_{\text{ст 1}} = 16,22 \text{ м}^2$ південної орієнтації з вікном площею $F_{\text{в}} = 2,56 \text{ м}^2$, зовнішню стіну площею $F_{\text{ст 2}} = 18,78 \text{ м}^2$

західної орієнтації та підлогу площею $F_n = 33,06 \text{ м}^2$. Коефіцієнти теплопередачі зовнішніх стін $K_{ст} = 0,42 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$, вікна $K_v = 2,38 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$, напівпідвального перекриття $K_{перекр} = 0,39 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$. Температура зовнішнього повітря для найбільш холодної п'ятиденки з забезпеченістю 0,92 $t_{х5} = -19^\circ\text{C}$ (дод.1). Температура внутрішнього повітря для кутової житлової кімнати $t_v = 20^\circ\text{C}$.

Р о з в ' я з у в а н н я .

Розрахунок приміщення проводимо за формулою :

- для основних тепловтрат

$$Q_{\text{втр.осн}} = k F (t_v - t_{х5}) \cdot n \text{ , Вт;}$$

- з врахуванням додаткових тепловтрат

$$Q_{\text{втр}} = Q_{\text{втр.осн}} \cdot m \text{ , Вт,}$$

де n – поправний коефіцієнт на різницю температур (дод. 8); m – поправний коефіцієнт на додаткові тепловтрати (на орієнтацію, кутове приміщення, інфільтрацію).

Результати розрахунків зводимо у табл. 2.1.

Таблиця 2.1

Розрахунок тепловтрат приміщення

№ приміщення	Назва приміщення і внутрішня температура, $t_{в}, ^\circ\text{C}$	Захищення					Різниця температур $(t_{в} - t_{х5}) \cdot n, ^\circ\text{C}$	Коефіцієнт теплопередачі $K, \text{Вт} / (\text{м}^2 \cdot \text{K})$	Основні тепловтрати $Q_{\text{втр. осн.}}, \text{Вт}$	Додаткові тепловтрати			Тепловтрати $Q_{\text{втр.}}, \text{Вт}$
		Назва	Орієнтація	Розміри, м		Площа $F, \text{м}^2$				на орієнтацію, %	на кутове приміщення, %	Коефіцієнт, m	
				ширина	висота								
101	Житлова кімната	ЗС	Пд	6,26	3,0	16,22	$[20 - (-19)] \cdot 1 = 39$	0,42	266	-	5	1,05	279
		В	Пд	1,6	1,6	2,56	39	2,38	238	-	5	1,05	250
		ЗС	Зх	6,26	3,0	18,78	39	0,42	308	5	5	1,1	338
		Пл	-	5,75	5,75	33,06	$39 \cdot 0,75 = 29,3$	0,39	378	-	-	1,0	378
		Додаток на інфільтрацію 15% від $\Sigma Q_{\text{втр.}} : 0,15 \cdot 1245 = 187 \text{ Вт}$ Сумарні тепловтрати приміщення : $1245 + 187 = 1432 \text{ Вт}$											$\Sigma Q_{\text{втр.}} = 1245 \text{ Вт}$

Примітка: ЗС – зовнішня стіна; В – вікно; Пл – підлога (надпідвальне перекриття).

Найбільш вагому частку додаткових тепловтрат становлять *втрати теплоти на нагрівання інфільтраційного повітря* ($Q_{\text{інф}}$). Інфільтрація зовнішнього повітря відбувається під впливом вітрового та гравітаційного напорів або розрідження, яке створюється у приміщенні під час роботи систем вентиляції.

Інфільтраційні тепловтрати визначають за формулою:

$$Q_{\text{інф}} = 0,278 \cdot G_{\text{інф}} \cdot c_p \cdot (t_v - t_{х5}), \text{Вт,} \tag{2.5}$$

де $G_{\text{інф}}$ – кількість повітря, що інфільтрує за одиницю часу у приміщення через нещільності зовнішніх захищень, $\text{кг}/\text{год}$; c_p – питома теплоємність повітря ($c_p = 1,005 \text{ КДж}/(\text{кг} \cdot \text{К})$); $t_{х5}$ – температура найбільш холодної п'ятиденки із забезпеченістю 0,92, $^\circ\text{C}$.

Кількість інфільтраційного повітря, яке надходить у приміщення через заповнення світлових прорізів вікон і балконних дверей внаслідок їх повітропроникності, визначають за формулою:

$$G_{\text{інф}}^{\text{вік}} = A_{\text{в}} \cdot F_{\text{в}} \cdot \Delta p^{2/3} / R_i, \text{ кг/год}, \quad (2.6)$$

де $A_{\text{в}}$ – коефіцієнт, що враховує вплив зустрічного теплового потоку (для вікон з роздільними рамами $A_{\text{в}} = 0,8$, зі спареними рамами $A_{\text{в}} = 1$); $F_{\text{в}}$ – розрахункова площа віконних прорізів, м^2 ; Δp – різниця тисків повітря на зовнішній (навітреній) і внутрішній поверхнях світлового проріза, Па; R_i – опір повітропроникнення світлових прорізів, $\text{м}^2 \cdot \text{год} \cdot \text{Па}^{2/3} / \text{кг}$.

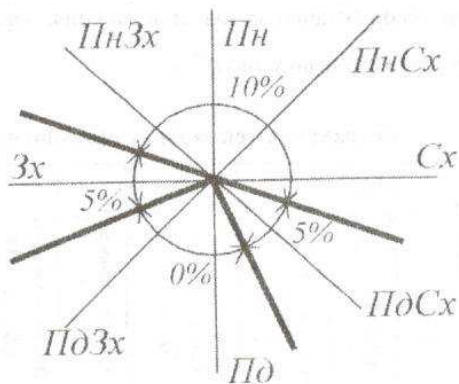


Рис. 2.1. Величини додач до основних тепловтрат через зовнішні захищення залежно від їх орієнтації

Для будинків, які обладнані природною витяжною вентиляцією, величину Δp визначають за формулою [23]:

$$\Delta p = 9.81 \cdot [(H-h) \cdot (\rho_3 - \rho_v) + 0.05 \cdot \rho_3 \cdot v_s^2 \cdot (K_n - K_3) \cdot k], \text{ Па}, \quad (2.7)$$

де H – висота будинку від поверхні землі до верху карниза або викидної вентиляційної шахти, м; h – висота від поверхні землі до центра вікон відповідного поверху, м; ρ_3 , ρ_v – густина зовнішнього (при t_{x5}) і внутрішнього повітря, кг/м^3 ; v_s – найбільша з середніх швидкостей вітру за січень по румбах північного напрямку (Пн, ПнСх, Пн3х), м/с [25]; K_n , K_3 – аеродинамічний коефіцієнт, відповідно, для навітреної і завітреної поверхонь (для перпендикулярної до навітреної поверхні дії вітру: $K_n = 0,8 \dots 0,5$; $K_3 = -0,6 \dots -0,4$; коли вітер діє під кутом 45° до навітреної поверхні, значення K зменшується на 50%); k – коефіцієнт, що враховує

зміну швидкісного вітрового напору залежно від висоти будинку і типу місцевості (табл. 2.2).

Таблиця 2.2

Значення коефіцієнта k

Тип місцевості	Висота центра світлового прорізу над поверхнею землі, м				
	10	20	40	60	100
А – відкрита місцевість (степ, лісостеп, пустиня, узбережжя моря, озера, водосховища)	1	1.25	1.55	1.75	2.1
Б – оточуюча будинок місцевість, рівномірно вкрита лісовим масивом або іншими перешкодами висотою більше 10 м	0.65	0.9	1.2	1.45	1.8

Вищенаведений розрахунок $Q_{\text{інф}}$ придатний для будинків симетричної конфігурації, квадратних або прямокутних в плані, з простим і однаковим поверховим плануванням, з рівномірно розподіленими по фасаду вікнами, що відкриваються. Для будинків складної конфігурації або унікальних будинків необхідний спеціальний аналіз інфільтраційного процесу.

Для приміщень промислових будинків, якщо не виконувати спеціальних розрахунків, тепловтрати на нагрівання інфільтраційного повітря допускається приймати 30% від основних тепловтрат через огорожувальні конструкції (але не менше, ніж потрібно для нагрівання повітря, яке надходить у приміщення внаслідок дебалансу об'ємів викидного і припливного вентиляційного повітря).

Для наближеного розрахунку тепловтрат будинку на опалення використовують формулу витрат теплоти за питомою опалювальною характеристикою будинку:

$$Q_{\text{с.о}} = A \cdot q_0 \cdot (t_{\text{в.сер}} - t_{\text{х5}}) \cdot V_{\text{буд}}, \text{ Вт}, \quad (2.8)$$

де A – коефіцієнт, який для житлових і громадських будинків визначають за формулою: $A \cong 0.54 + 22 / (t_{\text{в}} - t_{\text{х5}})$; q_0 – питома теплова характеристика будинку, Вт/(м³·К); $V_{\text{буд}}$ – зовнішній об'єм будинку (або його опалювальної частини), м³; $t_{\text{в.сер}}$ – середня по об'єму будинку температура внутрішнього повітря, °С.

Величину q_0 будинків будь-якого призначення можна знайти за формулою Єрмолаєва:

$$q_o = \frac{P}{S} \left[\frac{1}{R_{\text{ст}}^{\Phi}} + A_{\text{вік}} \left(\frac{1}{R_{\text{вік}}^{\Phi}} - \frac{1}{R_{\text{ст}}^{\Phi}} \right) \right] + \frac{1}{H} \left(\frac{0,9}{R_{\text{покр}}^{\Phi}} + \frac{0,6}{R_{\text{пл}}^{\Phi}} \right), \frac{\text{Вт}}{\text{м}^3 \cdot \text{К}}, \quad (2.9)$$

де P , S , H – відповідно, периметр будинку, м, площа будинку, м^2 , висота будинку, м; $R_{\text{ст}}^{\Phi}$, $R_{\text{вік}}^{\Phi}$, $R_{\text{покр}}^{\Phi}$, $R_{\text{пл}}^{\Phi}$ – відповідно, фактичний опір теплопередачі зовнішньої стіни, вікна, покриття, підлоги, $\text{м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$; $A_{\text{вік}}$ – коефіцієнт, який чисельно дорівнює відношенню площі вікон до сумарної площі вертикальних зовнішніх захищень (коефіцієнт засклення).

Для сходових кліток q_o звичайно приймають з коефіцієнтом 1,6.

Структура теплового балансу будинку [13] зображена рис. 2.2.

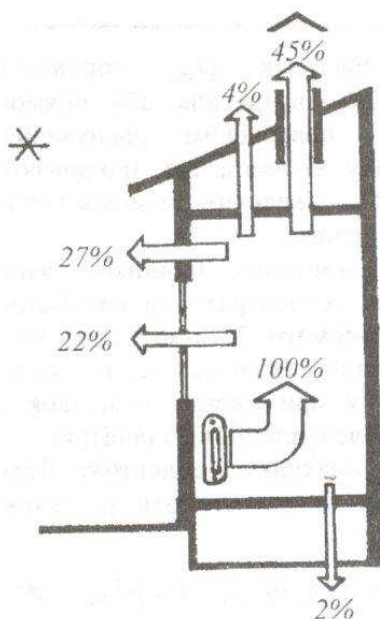


Рис. 2.2. Наближена структурна схема теплового балансу приміщення громадського будинкув ХПР (захищення будинку без ефективного утеплення)

Для промислового будинку з системою повітряного опалення, суміщеного з припливною вентиляцією, характерна така наближена структура теплового балансу: тепловтрати завдяки повітрообміну – 85%, тепловтрати через стіни – 7%, через покриття – 6%, через підлогу – 2%.

Аналіз схеми, зображеної на рис. 2.2, показує, що необхідно зменшувати тепловтрати через вікна, зовнішні стіни, а також утилізувати теплоту викидного вентиляційного повітря.

Аналіз факторів, які впливають на величину q_0 (2.7), а отже і на величину тепловтрат будинку показує, що для зменшення q_0 необхідно: зменшувати периметр і збільшувати висоту будинку; збільшувати термічний опір теплопередачі захищень, насамперед вікон і стін, а також зменшувати коефіцієнт засклення.

Для зменшення тепловтрат будинку потрібно мінімізувати шорсткість фасадів, уникати виступаючих елементів фасаду, зокрема лоджій на північних фасадах, а при їх наявності передбачати засклення.

2.2. ВИБІР ЗАХИСНИХ КОНСТРУКЦІЙ

Захисні конструкції приймають з умови забезпечення мінімальних приведених затрат, які враховують як затрати на будівництво, так і затрати на опалення приміщень.

Термічний опір теплопередачі внутрішніх захисних конструкцій визначають у випадку, коли різниця температур у даному і сусідньому приміщеннях перевищує $10\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Таблиця 2.3

Значення розрахункової температури зовнішнього повітря t_z залежно від показника теплової інерції D

D	t_z
до 1,5	t_{z16} – середня температура найбільш холодної доби забезпеченістю 0.98
1,5 ... 4	t_{z1} – середня температура найбільш холодної доби забезпеченістю 0.92
4 ... 7	$t_{x3} - t_{x3} = (t_{z1} + t_{x5})/2$ – середня температура найбільш холодних трьох діб
більше 7	t_{x5} – середня температура найбільш холодної п'ятиденки забезпеченістю 0.92

Примітка: $D = \sum_{i=1}^n \frac{\delta_i}{\lambda_i} \cdot S_i$, де δ_i, λ_i, S_i – відповідно товщина, м, коефіцієнт

теплопровідності, Вт/(м·К) і коефіцієнт теплосасвоєння матеріалу, Вт/(м²·К), певного i - го конструктивного шару захищення.

Потрібний за санітарно-гігієнічними нормами опір теплопередачі захисних конструкцій (за винятком заповнень світлових прорізів) визначають за формулою:

$$R_3^{\text{потр}} = \frac{n \cdot (t_{\text{в}} - t_3)}{\Delta t_{\text{н}} \cdot \alpha_{\text{в}}}, \frac{\text{м}^2 \cdot \text{К}}{\text{Вт}}, \quad (2.10)$$

де n – коефіцієнт, який залежить від положення зовнішньої поверхні огорожувальної конструкції по відношенню до зовнішнього повітря; $\Delta t_{\text{н}}$ – нормований температурний перепад між температурою внутрішнього повітря і температурою внутрішньої поверхні огорожувальної конструкції, °С; $\alpha_{\text{в}}$ – коефіцієнт тепловіддачі внутрішньої поверхні огорожувальної конструкції, Вт/(м²·К); t_3 – розрахункова температура зовнішнього повітря в ХПР, °С (табл. 2.3).

Таблиця 2.4

**Значення коефіцієнта m захисних конструкцій
громадських будинків**

Захисні конструкції	m
Стіни зовнішні:	
з одношарових легкобетонних панелей	1,1
з одношарових панелей з ніздрюватих бетонів	1,3
з тришарових панелей з ефективним утеплювачем і керамзитобетонними ребрами	1,3
з тришарових залізобетонних панелей з ефективним утеплювачем і гнучкими зв'язками	1,5
з металевих панелей з алюмінієвих сплавів типу “Сендвіч” тощо, з утеплювачем з поліуретану	2
те саме, при полистовому збиранні з мінеральної вати	1,5
з цегли, легкобетонних блоків і місцевих матеріалів	1,1
Безгорищні покриття:	
по залізобетонним плитам з утеплювачем з легких бетонів	1,3
те саме, з утеплювачем з мінеральної вати	1,5
те саме, з насипним утеплювачем	1,3

Загальний термічний опір теплопередачі захисної конструкції повинен задовольняти вимогу:

$$R_{\text{норм}} \leq R_3^{\Phi} \geq m \cdot R_3^{\text{потр}}, \quad (2.11)$$

де

$$R_3^\Phi = \frac{1}{\alpha_3} + \sum_{i=1}^n \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_3}, \frac{\text{м}^2 \cdot \text{К}}{\text{Вт}}; \quad (2.12)$$

m – коефіцієнт підвищення термічного опору теплопередачі (табл. 2.4);
 α_3 – коефіцієнт тепловіддачі зовнішньої поверхні захисної конструкції, Вт/(м²·К); δ_i, λ_i – відповідно товщина, м, і коефіцієнт теплопровідності, Вт/(м·К), i -го конструктивного шару захисної конструкції; $R_{\text{норм}}$ – нормований Держстандартом термічний опір теплопередачі конструкції захиснення, м²·К/Вт, (дод. 4) залежно від температурної зони України.

Приклад 2.2. Визначити фактичний термічний опір теплопередачі і коефіцієнт теплопередачі зовнішньої стіни будинку (рис. 2.3), який будується у м. Львові.

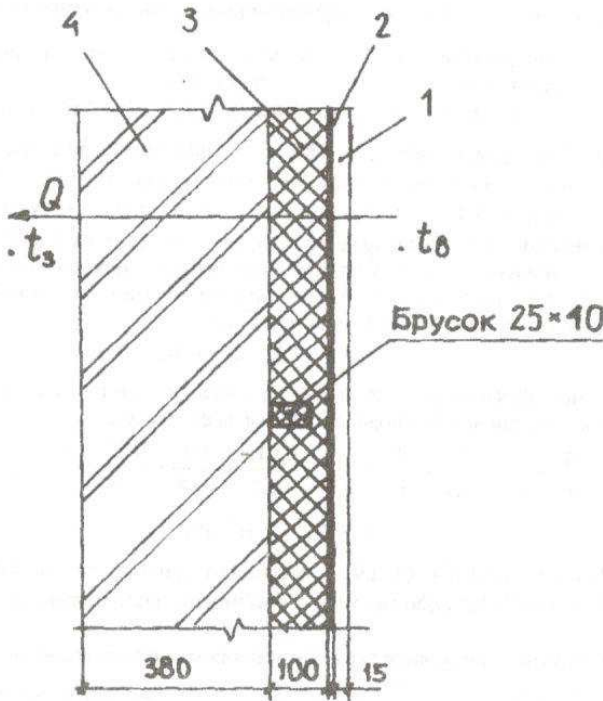


Рис. 2.3. Розріз зовнішньої стіни будинку:

Q - тепловий потік;

t_3 - температура зовнішнього повітря;

t_b - температура внутрішнього повітря

Розв'язування.

Прийнято, що вологісний режим приміщень житлового будинку є нормальний.

Визначаємо зону вологості району будівництва за картою [26] і (дод.13). Зона вологості – нормальна.

Залежно від вологісного режиму приміщення і зони вологості за [26], (дод.14) визначаємо, що умови експлуатації зовнішньої стіни – Б.

Знаходимо з [26], (дод.15) характеристики конструктивних шарів зовнішньої стіни:

- | | |
|--|--|
| 1. Гіпсокартон | – $\rho_0 = 800 \text{ кг/м}^3$; $\lambda_B = 0,21 \text{ Вт/(м·К)}$;
$R_n = 0,12 \text{ м}^2 \cdot \text{год} \cdot \text{Па/мг.}$ |
| 2. Пароізоляція
(поліетиленова плівка) | – $\delta = 0,16 \text{ мм}$; $R_n = 7,3 \text{ м}^2 \cdot \text{год} \cdot \text{Па/мг.}$ |
| 3. Мінеральна вата
на бітумному (синтетичному)
в'язучому | – $\rho_0 = 200 \text{ кг/м}^3$; $\lambda_B = 0,08 \text{ Вт/(м·К)}$;
$\mu = 0,49 \text{ мг/(м·год} \cdot \text{Па)}$. |
| 4. Цегляна кладка
під розшивку | – $\rho_0 = 1400 \text{ кг/м}^3$; $\lambda_B = 0,58 \text{ Вт/(м·К)}$;
$\mu = 0,16 \text{ мг/(м·год} \cdot \text{Па)}$, |

де ρ_0 – густина сухого матеріалу; λ – коефіцієнт теплопровідності матеріалу; μ – коефіцієнт паропроникності матеріалу; R_n – опір паропроникності конструктивного шару ($R_n = \frac{\delta}{\mu}$).

Визначаємо температурну зону, в якій знаходиться м.Львів, за кількістю градусо-днів опалювального періоду, що розраховується за формулою:

$$\text{КГД} = (t_b - t_{\text{о.п.}}) \times z_{\text{о.п.}} = [18 - (-0,2)] \times 191 = 3476 \text{ г.} \cdot \text{д.},$$

де КГД – кількість градусо-днів; $t_b = 18^\circ\text{C}$ – розрахункова температура внутрішнього повітря; $t_{\text{о.п.}} = -0,2^\circ\text{C}$ – середня температура опалювального періоду (з середньодобовою температурою повітря $\leq 8^\circ\text{C}$) [25] (дод.1); $z_{\text{о.п.}} = 191$ доба – тривалість опалювального періоду (з середньодобовою температурою повітря $\leq 8^\circ\text{C}$) [25], (дод.1).

За кількістю градусо-днів встановлюємо, що м.Львів знаходиться в II температурній зоні України, де для цегляної повнотілої зовнішньої стіни з утеплювачем нормований термічний опір теплопередачі (дод. 4) повинен бути:

$$R_3^{\text{норм}} = 2,1 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}.$$

Підраховуємо фактичний загальний термічний опір теплопередачі стіни із запропонованою товщиною утеплювача 100 мм за формулою:

$$R_3^{\Phi} = \frac{1}{\alpha_B} + \frac{\delta_1}{\lambda_1} + \frac{\delta_3}{\lambda_3} + \frac{\delta_4}{\lambda_4} + \frac{1}{\alpha_3} = \frac{1}{8,7} + \frac{0,015}{0,21} + \frac{0,1}{0,08} + \frac{0,38}{0,58} + \frac{1}{23} = 2,135 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт} > > R_3^{\text{норм}} = 2,1 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт},$$

де $\alpha_B = 8,7 \text{ Вт/(м}^2 \cdot \text{К)}$ [26], (дод.9) – коефіцієнт тепловіддачі на внутрішній поверхні стіни; $\alpha_3 = 23 \text{ Вт/(м}^2 \cdot \text{К)}$ [26], (дод.10) – коефіцієнт тепловіддачі на зовнішній поверхні стіни;

Під час розрахунку знехтували термічним опором теплопровідності другого шару.

Оскільки $R_3^{\Phi} = 2,135 > R_3^{\text{норм}} = 2,1 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$, то зовнішня стіна відповідає сучасним будівельним вимогам. Якщо б нерівність не виконувалась, то потрібно було б змінити товщину утеплювача.

Визначаємо коефіцієнт теплопередачі зовнішньої стіни:

$$K = \frac{1}{R_3^{\Phi}} = \frac{1}{2,135} = 0,468 \text{ Вт/(м}^2 \cdot \text{К)}.$$

2.3. ТЕПЛОВИЙ РЕЖИМ ПРИМІЩЕННЯ В ТЕПЛИЙ ПЕРІОД ПОКУ (ТПР)

У ТПР теплонадходження у приміщення складаються з теплоти, що передається через зовнішні захищення завдяки дії сонячної радіації і різниці температур зовнішнього і внутрішнього повітря, а також тепловиділень від побутових і технологічних джерел. Особливістю теплового балансу приміщення в ТПР є його нестационарність протягом доби, яка зумовлена нерівномірністю теплонадходжень від сонячної радіації.

Балансове рівняння надлишкових явних теплонадходжень в приміщення громадського будинку можна записати у вигляді:

$$Q_{\text{надл}}^{\text{я}} = (Q_{\text{вік.рад}} + Q_{\text{п.рад}}) + Q_{\text{л}}^{\text{я}} + Q_{\text{ел.осв}}, \text{ Вт}, \quad (2.13)$$

і відповідно повних теплонадходжень:

$$Q_{\text{надл}}^{\text{п}} = (Q_{\text{вік.рад}} + Q_{\text{п.рад}}) + Q_{\text{л}}^{\text{п}} + Q_{\text{ел.осв}}, \text{ Вт}, \quad (2.14)$$

де $Q_{\text{л}}^{\text{я}}$ і $Q_{\text{л}}^{\text{п}}$ – відповідно, явні і повні тепловиділення від людей, які перебувають у приміщенні, Вт; $Q_{\text{ел.осв}}$ – тепловиділення від джерел електричного освітлення, Вт; $Q_{\text{вік.рад}}$, $Q_{\text{п.рад}}$ – відповідно, теплонадходження через заповнення світлового прорізу і через покриття під час дії сонячної радіації, Вт.

На рис. 2.4 зображена схема наближеної структури теплонадходжень від сонячної радіації у приміщення громадських будинків у ТПР [13].

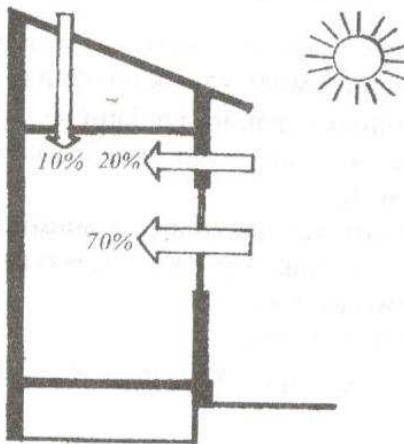


Рис. 2.4. Наближена структурна схема теплонадходжень від сонячної радіації у приміщення громадського будинку в ТПР (захищення будинку без ефективного утеплення)

Теплонадходження через заповнення світлового прорізу відповідної орієнтації завдяки сонячній радіації і різниці температур зовнішнього і внутрішнього повітря визначають за формулою:

$$Q_{\text{вік,рад}} = (q_o \cdot F_o + q_T \cdot F_T) \cdot k_{\text{в.п}} + \frac{t_3 - t_{\text{в}}}{R_{\text{вік}}^{\Phi}} \cdot F_{\text{вік}}, \text{Вт}, \quad (2.15)$$

де q_o , q_T – тепловий потік, який надходить в приміщення через 1 м² звичайного одинарного скла товщиною 2,4...3,3 мм, відповідно освітленого сонцем і в тіні, Вт/м²; F_o , F_T – площі світлових прорізів, відповідно освітлених сонцем і в тіні, м² (при затіненні світлових прорізів будівельними конструкціями – ребрами або дашками, площі F_o і F_T визначають графічною побудовою [29]); $k_{\text{в.п}}$ – коефіцієнт відносного проходження сонячної радіації через заповнення світлового прорізу; $F_{\text{вік}}$ – загальна площа світлового прорізу ($F_{\text{вік}} = F_o + F_T$), м².

Максимальне для заданої розрахункової години (за дійсним сонячним часом) значення q_o і q_T визначають залежно від розрахункової географічної широти місця будівництва та орієнтації світлового прорізу.

Теплонадходження через світлонепрозорі зовнішні захищення завдяки сонячній радіації і різниці температур зовнішнього та внутрішнього повітря визначають за формулою:

$$Q_{\text{п,рад}} = \left(A_{t_3}^{\text{розр}} \frac{\alpha_K}{\nu} + \frac{t_3 - t_{\text{в}}}{R_{3,\text{п}}^{\Phi}} \right) \cdot F, \text{Вт}, \quad (2.16)$$

де $A_{t_3}^{\text{розр}}$ – розрахункова амплітуда коливання температури зовнішнього повітря з врахуванням впливу сонячної радіації, °С; ν – величина загасання розрахункової амплітуди коливання температури зовнішнього повітря з врахуванням сонячної радіації; α_K – коефіцієнт конвективного теплообміну між внутрішньою поверхнею захищення і повітрям приміщення, Вт/(м²·К).

Кількість теплоти, яка надходить в приміщення від сонячної радіації, з достатньою для інженерних розрахунків достовірністю можна визначити за формулами [6]:

для зашкленних поверхонь

$$Q_{\text{вік,рад}} = F_{\text{вік}} \cdot q_{\text{вік}} \cdot A_{\text{вік}}, \text{Вт}; \quad (2.17)$$

для покриття

$$Q_{\text{п,рад}} = F_{\text{п}} \cdot q_{\text{п}} \cdot K_{\text{п}}, \text{Вт}, \quad (2.18)$$

де $F_{\text{вік}}$ і $F_{\text{п}}$ – відповідно, площа поверхні вікна і покриття, м²; $q_{\text{вік}}$ і $q_{\text{п}}$ – відповідно, теплонадходження від сонячної радіації через 1 м² вікна залежно від його орієнтації в просторі і через 1 м² поверхні покриття при

коефіцієнт теплопередачі $1 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$; $A_{\text{вік}}$ – коефіцієнт, який залежить від характеру засклення і наявності сонцезахисних пристроїв [6]; $K_{\text{п}}$ – коефіцієнт теплопередачі покриття, $\text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$.

Під час розрахунку теплонадходжень в приміщення від сонячної радіації за формулами (2.17) і (2.18) необхідно приймати більшу з двох величин: 1 - теплонадходження через вікна, які розташовані в одній стіні, в сумі з теплонадходженнями через покриття і ліхтар або 2 - теплонадходження через вікна, які розташовані в двох взаємно перпендикулярних стінах з коефіцієнтом 0,7 в сумі з теплонадходженнями через покриття і ліхтар.

Аналіз залежностей (2.15) і (2.17) показує, що для зменшення теплонадходжень від сонячної радіації через вікна необхідно: зменшувати площу вікон; затінювати вікна виступаючими елементами фасаду; збільшувати термічний опір вікон; зменшувати коефіцієнт, який залежить від характеру засклення (застосовувати зовнішньо- і внутрішньовіконні жалюзі, тепловідбивальне і теплопоглинальне скло тощо). У будинках, орієнтованих вздовж паралелі і видовжених в плані, з видовженими в плані вікнами, доцільно передбачати затінювальні пристрої вікон південного фасаду у вигляді дашків тощо.

Одне з головних завдань проектування будинку для умов ТПР полягає у виборі оптимального співвідношення між архітектурно-планувальними рішеннями, які знижують теплонадходження від сонячної радіації у приміщення, і продуктивністю СВ або СКП. Наприклад, надлишкова площа вікон призводить до значного погіршення теплових умов в приміщеннях будинків, які розташовані навіть у районах з помірним кліматом у ТПР.

Критичною температурою, при якій архітектурно-планувальні рішення по захисту від перегріву є недостатніми, можна вважати середньодобову температуру зовнішнього повітря 25°C і більше.

Теплонадходження від сонячної радіації враховують в тепловому балансі приміщення при зовнішній температурі 10°C і вище. Теплонадходження від сонячної радіації через зовнішні стіни можна не враховувати. Повний розрахунок теплового режиму у ТПР розглядається в будівельній теплофізиці.

Основні складові тепловіддачі людського тіла: конвекція, випромінювання, випаровування. Перші дві складові називають ще **явною тепловіддачею**, а третю – **прихованою**.

Конвективна тепловіддача становить біля 32...35 % всієї тепловіддачі. Якщо температура навколишнього повітря вища за температуру поверхні тіла, організм людини може сприймати конвективну теплоту.

Кількість теплоти, що виділяється випромінюванням становить 42...44 % від тепловиділень тіла людини. Подібно до конвективної тепловіддачі радіаційна тепловіддача може бути як додатною (коли температура тіла перевищує температуру оточуючих поверхонь), так і від'ємною.

Тепловіддачу випаровуванням можна розділити на дві складові – невидиме випаровування і потовиділення. Організм випаровує майже 1000 мл вологи за добу в умовах основного обміну речовин. Оскільки на випаровування 1 г води витрачається 2400 Дж теплоти, то тепловіддача випаровуванням за добу становить $21.8...25 \cdot 10^5$ Дж. Потовиділення починається при температурі вище 34 °С, при цьому тепловіддача внаслідок випаровування і потовиділення єдиний спосіб тепловіддачі організму.

Кількість теплоти, що виділяється дорослим чоловіком наведена в таблиці 2.5.

Таблиця 2.5

**Кількість теплоти, вологи і двоокису вуглецю (CO₂),
що виділяється дорослим чоловіком**

Характер роботи	Теплота, Вт				Волога, г/год		CO ₂ , л/год
	явна		повна		при 20°C	при 30°C	
	при 20°C	при 30°C	при 20°C	при 30°C			
Стан спокою	87	40	116	93	40	75	23
Фізична:							
легка	99	40	151	145	75	150	25
середньої важкості	104	40	203	197	140	230	35
важка	128	52	290	290	240	355	45

Примітка: жінка виділяє 85 %, а дитина 75 % від тепловиділень чоловіка.

Відомо, що вся електроенергія, яка витрачається на освітлення, переходить в теплоту і нагріває повітря приміщення. Якщо освітлювальні лампи знаходяться за межами приміщення (на горищі, за скляною стіною тощо), або світильники обладнані місцевими відсмоктувачами повітря, то частка теплоти, яка надходить у приміщення становить 0,45 для люмінесцентних ламп і 0,15 – для ламп розжарювання.

Тепловиділення від джерел освітлення робочих місць враховують незалежно від періоду року і часу доби, а від джерел загального освітлення – з врахуванням часу доби і архітектурно-планувальних рішень.

Контрольні питання

1. Який вигляд має балансове рівняння годинних витрат теплоти для визначення теплової потужності системи опалення?
2. За якою формулою визначають тепловтрати через окремі зовнішні захищення?
3. Як визначають витрати теплоти на нагрівання інфільтраційного повітря?
4. Як визначити тепловтрати будинку за його питомою опалювальною характеристикою?
5. Який структурний вигляд тепловтрат будинку у ХПР?
6. Які конструктивні заходи необхідно передбачати з метою зменшення тепловтрат будинку?
7. Як визначити необхідний за санітарно-гігієнічними нормами термічний опір теплопередачі огорожувальної конструкції?
8. Як виглядає наближена структурна схема теплонадходжень у приміщення від сонячної радіації?
9. За якою формулою визначають теплонадходження від сонячної радіації через заповнення світлового прорізу?
10. Як впливає температура навколишнього повітря і оточуючих поверхонь на тепловіддачу людського тіла?
11. Запишіть рівняння теплового балансу приміщення громадського будинку у ТПР.
12. Перелічіть заходи по зменшенню теплонадходжень у приміщення від сонячної радіації.

Розділ третій

ВЕНТИЛЯЦІЯ І КОНДИЦІОНУВАННЯ ПОВІТРЯ

Під час надходження у повітря теплоти, пилу, шкідливих газів, водяної пари та пари інших рідин в кількостях, що створюють їх концентрації вищими за певні границі, гігієнічні показники повітря знижуються, а надлишкові домішки та теплота стають **шкідливими виділеннями**, тобто **шкідливостями**.

В житлових і громадських будинках основні шкідливості це *тепло*-, *вологовиділення* і *вуглекислий газ* (CO_2), а у промислових приміщеннях – ще й *газо*- і *пилувиділення*.

Вентиляція забезпечує обмін повітря в приміщенні для видалення *надлишків* теплоти, вологи, шкідливих та інших речовин з метою підтримання *допустимих* метеорологічних і санітарно-гігієнічних умов повітряного середовища.

Вентиляція приміщень здійснюється завдяки вилученню з них забрудненого повітря і заміни його свіжим (зовнішнім) повітрям.

Кондиціювання повітря застосовується з метою забезпечення і автоматичного підтримання необхідних (частіше *оптимальних*) параметрів повітряного середовища в приміщенні незалежно від внутрішніх і зовнішніх факторів.

Процес кондиціювання полягає в приготуванні припливного повітря, а саме: нагріванні або охолодженні, зволоженні або осушенні повітря і очищенні його від пилу. Крім цього, в деяких випадках потрібно позбутись неприємних запахів, іонізувати повітря, очистити його від шкідливих домішок, надати приємного запаху. **Тепловологісне оброблення** повітря є основним у процесі його кондиціювання.

3.1. КЛАСИФІКАЦІЯ СИСТЕМ ВЕНТИЛЯЦІЇ (СВ)

За *призначенням* вентиляцію поділяють на *припливну* і *витяжну*, *загальнообмінну*, *місцеву*, *зональну* і *зонально-шарову*, *технологічну*, *аварійну* і *протидимову*.

Вентиляція, яка забезпечує подавання у приміщення чистого зовнішнього і частково рециркуляційного повітря, називається **припливною** (*рециркуляційне повітря* – вилучене повітря, яке повертається знову у вентилязоване приміщення). Вентиляція, яка забезпечує вилучення забрудненого повітря з приміщення, називається **витяжною**. Вентиляція, яка забезпечує організований приплив і вилучення повітря у приміщенні, називається **припливно-витяжною** (рис. 3.1). Вентилювання всього об'єму приміщення подаванням або вилученням повітря називають **загальнообмінною вентиляцією**.

Вентиляція, завдяки якій повністю вилучається забруднене повітря із зон зосередженого виділення шкідливостей у приміщенні і забезпечуються в прилеглий робочій зоні необхідні метеорологічні та санітарно-гігієнічні умови, називається **місцевою**. Вентиляція, яка служить для забезпечення необхідних параметрів повітря в обмежених зонах приміщення, називається **зональною**. Вентиляцію з затопленням робочої зони припливним повітрям та забезпеченням температурно-швидкісного градієнта і стабілізацією температурного і газового розшарування окремих зон приміщення називають **зонально-шаровою**. Створення і підтримання параметрів повітряного середовища у приміщенні або у виділених об'ємах приміщення, які забезпечують якісне проведення технологічного процесу, називають **технологічною** вентиляцією. Вентиляцію приміщення у випадку прогнозованого раптового виділення токсичних або займистих речовин у значних кількостях називають **аварійною**. Вентиляція, яка служить для видалення диму з приміщень і забезпечує можливість евакуації людей в початковій стадії пожежі, називається **аварійною протидимовою**.

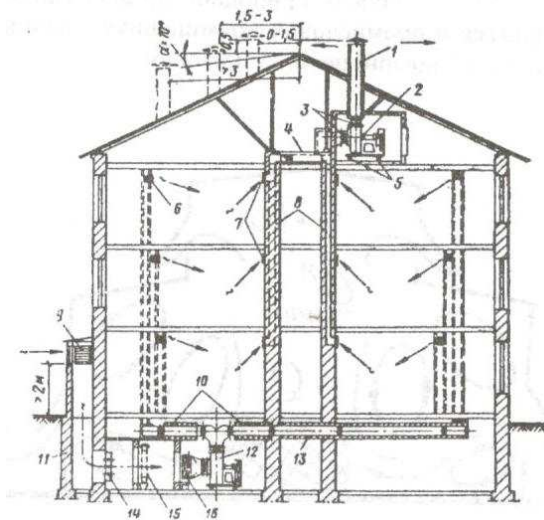


Рис. 3.1. Переріз громадського будинку, обладнаного загальнообмінною механічною припливно-витяжною вентиляцією:

- 1 – викидна шахта; 2 – витяжний вентилятор; 3 – гнучкі з'єднувальні вставки;
- 4 – збірний канал; 5 – віброоснова; 6 – припливні ґратки; 7 – витяжні ґратки;
- 8 – витяжні канали; 9 – повітрязбирна нерухома ґратка; 10 – шумопоглинач;
- 11 – повітрязбирна шахта; 12 – вентилятор подавання припливного повітря;
- 13 – припливний повітропровід; 14 – утеплений клапан; 15 – фільтр;
- 16 – повітрянагрівник (калорифер)

За способом збудження руху повітря вентиляція поділяється на *механічну* і *природну*. Вентиляція, яка забезпечує регульований повітрообмін приміщення незалежно від метеорологічних умов зовнішнього середовища та основним збудником руху в якій є вентилятор, називається **механічною**. Вентиляція під дією різниці тисків, які зумовлені тепловим і (або) вітровим напором, називається **природною**. Розрізняють **природну неорганізовану** вентиляцію (інфільтрація і відкривання вікон) і **природну організовану** (регульовану) вентиляцію – **аерацію** (через фрамуги вікон і ліхтарів). Під час цього транспортування повітря може відбуватись мережею каналів – *канальна система вентиляції* або через прорізи зовнішніх захищень – *безканальна система вентиляції* (канал – огорожений будівельними конструкціями простір для транспортування в ньому повітря).

Вентиляційна система – це сукупність пристроїв для оброблення, транспортування, подавання і вилучення повітря.

В окремих випадках застосовують *системи вентиляції з частковою рециркуляцією*, в яких до зовнішнього повітря підмішують вилучене з приміщення внутрішнє повітря.

Аерація (рис. 3.2) як спосіб природної організованої вентиляції широко застосовується в промислових приміщеннях з великими тепловиділеннями (прокатні і ливарні цехи, кузні тощо).

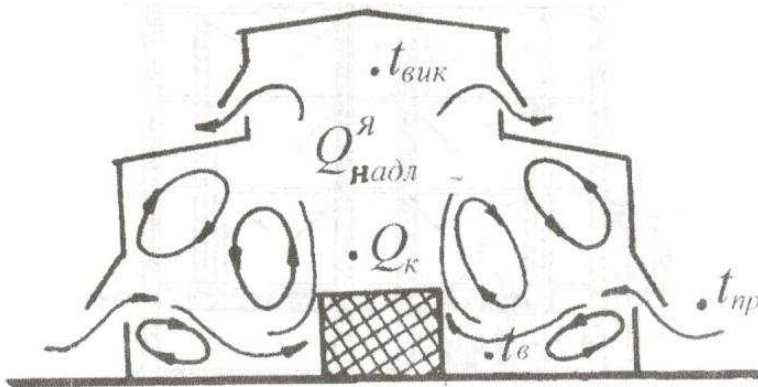


Рис. 3.2. Схема аерації однопрогінного промислового будинку:

$t_{пр}$, t_v , $t_{вик}$ – відповідно температури припливного повітря,
робочої зони, викидного повітря;
 $Q_{надл}^я$ – явні надлишкові тепловиділення у приміщенні

У ТПР приплив зовнішнього повітря передбачають через нижній ярус вікон з подаванням його безпосередньо в робочу зону. У ХПР приплив передбачають через верхній ярус вікон на висоті не менше 4...5 м від рівня підлоги. Для забезпечення стійкого режиму аерації площу фрамуг ліхтаря передбачають на 20...40 % меншою за площу фрамуг вікон. Під час розрахунку природної вентиляції враховують гравітаційні і вітрові напори. Вони можуть діяти одночасно і незалежно один від одного.

Дія вітру. Якщо на шляху повітряного потоку є перешкода (наприклад, будинок), то відбувається перетворення енергії: динамічний тиск вітру ($p_{\text{дин}} = \rho v_s^2 / 2$) переходить в статичний. Під час цього на навітрений стороні перешкоди створюється надлишковий тиск (0,5...0,8 від тиску вітру), а на завітрений – розрідження (0,3...0,4 від тиску вітру) (рис. 3.3). Виникаючий так перепад тисків викликає інфільтрацію через нещільності захисних конструкцій або повітрообмін через вентиляційні створи (рис. 3.4).

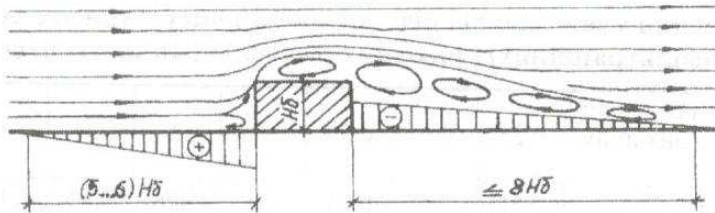


Рис. 3.3. Схема обтікання одиничного будинку повітряним потоком

Перед відкритим одиничним будинком утворюється область підвищених тисків (підпір) шириною біля п'яти висот будинку і довжиною, яка дорівнює довжині будинку. Одночасно за будинком утворюється аеродинамічна тінь – ділянка знижених тисків, яка має ширину біля 6...8 висот будинку. Будинок, оточений іншими спорудами, може знаходитись в аеродинамічній тіні цих споруд.

Для прямокутних в плані будинків і під час дії вітру, який скерований під прямим кутом до одного з боків будинку, наближену кількість зовнішнього повітря, яка інфільтрує через будинок, можна визначити за залежністю [16]:

$$L = 0.5k \cdot F_{\text{отв}} \cdot v_s, \text{м}^3/\text{год}, \quad (3.1)$$

де k – коефіцієнт, який залежить від відношення площі вхідних (інфільтраційних) і вихідних (ексфільтраційних) отворів (табл. 3.1); $F_{\text{отв}}$ – площа вхідних отворів, м^2 ; v_s – швидкість вітру, м/с .

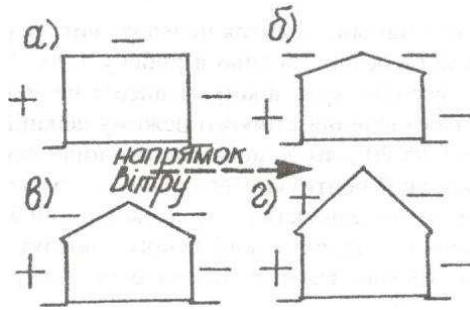


Рис. 3.4. Схема розподілення надлишкового тиску $\oplus$ і розрідження $\ominus$ на огорожувальних конструкціях будинків під час дії вітру перпендикулярно до фронтальної сторони будинку:

a – плоска покрівля; b – похил покрівлі 20° ; v – похил покрівлі 30° ; z – похил покрівлі 45°

Таблиця 3.1

Значення k залежно від відношення площі відкритих вхідних (інфільтраційних) і вихідних (ексфільтраційних) отворів

Відношення площі вхідних і вихідних отворів	0,25	0,5	0,75	1	2	3	4	5
Значення k	0,21	0,38	0,51	0,6	0,76	0,81	0,82	0,83

В іншій залежності [16] враховуються дані перепаду тисків під дією вітру:

$$L = 0,827 \cdot \Delta p_v^{0,5} \cdot F_{\text{отв}}, \text{ м}^3/\text{год}, \quad (3.2)$$

де Δp_v – перепад тиску під дією вітру, Па; $F_{\text{отв}}$ – площа вхідних отворів, м^2 .

У табл. 3.2 наведені середні значення перепаду повного тиску по висоті будинку.

Таблиця 3.2

Середні значення перепаду тиску по висоті будинку під дією вітру, Па [35]

Висота будинку, м	Швидкість вітру, м/с		
	відкрита місцевість 9,0	окраїна міста 5,5	центр міста 3,0
10...30	58...78	21...38	6...15
40...60	85...95	44...55	21...26
70...90	100...107	59...67	31...37

Для зовнішніх сил. Тепле повітря приміщення завдяки меншій густині піднімається вгору, замінюючись більш важким припливним (зовнішнім) повітрям. Внаслідок цього тиск повітря в зоні підлоги приміщення стає меншим, а в зоні стелі – вищим від зовнішнього тиску. Під час циркуляції повітря в приміщенні виникає область (площина) рівних тисків, яку називають **нейтральною зоною** (рис. 3.5).

Різницю тисків стовпів зовнішнього і внутрішнього повітря, яка виникає завдяки гравітаційним силам, називають **тепловим природним напором**.

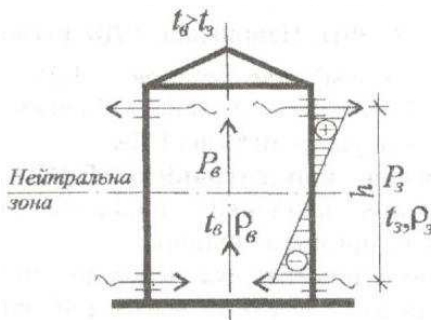


Рис. 3.5. Схема руху повітря під час природної гравітаційної вентиляції і епюра теплового природного напорів

3.2. ОРГАНІЗЦІЯ ПОВІТРООБМІНУ ПРИМІЩЕНЬ

Повітрообміном називається кількість вентиляційного повітря, яка необхідна для підтримання у приміщенні концентрації шкідливостей в допустимих межах і відповідних температурно-вологісних параметрів.

Розрахунок повітрообміну виконують після того, як визначена кількість шкідливостей, які виділяються у повітря приміщення. Під час одночасного виділення декількох газо-пилових шкідливостей односкерованої дії, наприклад, подразнювальних газів (сірчаний і сірчистий ангідрид) або пари розчинників (ацетон, спирт тощо), повітрообмін визначають сумуванням об'ємів повітря, які необхідні для розчинення кожної речовини окремо до її гранично допустимої концентрації [29]. В інших випадках за розрахункове приймають найбільше значення повітрообміну.

Найрозповсюдженіша газова шкідливість – вуглекислий газ (CO_2). Хоч CO_2 і неотруйний, однак його надлишок свідчить про зменшення у повітрі кисню.

Боротьба з шкідливими газами і парами навіть для максимально раціоналізованого технологічного процесу неможлива без вентиляції. Для цього випадку найефективнішою є місцева витяжна вентиляція.

Загальнообмінний повітрообмін приміщення під час виділення в нього шкідливих газів і пари (або пилу) визначають за формулою:

$$L_{\Gamma} = \frac{M_{\Gamma}}{C_{\text{вил}} - C_{\text{пр}}}, \quad \text{м}^3/\text{год}, \quad (3.3)$$

де M_{Γ} – кількість шкідливостей, які виділяються в приміщення, л/год або мг/год; $C_{\text{вил}}$, $C_{\text{пр}}$ – відповідно концентрація шкідливостей у вилученому і припливному повітрі, л/м³ або мг/м³ (під час вилучення повітря з робочої зони $C_{\text{вил}}$ дорівнює гранично допустимій концентрації (ГДК) шкідливості $C_{\text{ГДК}}$ [9, 22, 29]). Наприклад, ГДК вуглекислого газу для житлових приміщень – 1 л/м³, для установ – 1,25 л/м³, для дитячих закладів і лікарень – 0,7 л/м³. Концентрація шкідливості в припливному повітрі не повинна перевищувати 30% від ГДК.

Гранично допустимою концентрацією (ГДК) називається така кількість тих або інших шкідливих виділень, яка не викликає несприятливого впливу на організм людини.

Кількість припливного повітря, яка необхідна під час поглинання (асиміляції) теплонадлишків для схеми вентиляції приміщення “знизу-вверх” (приплив в нижню зону, витяжка з верхньої зони), визначають за формулою:

$$L_Q = \frac{Q_{\text{надл}}^{\text{я}} \cdot 3,6}{c_p \cdot \rho_{\text{пр}} \cdot (t_{\text{вил}} - t_{\text{пр}})}, \quad \text{м}^3/\text{год}, \quad (3.4)$$

де $Q_{\text{надл}}^{\text{я}}$ – явні теплонадлишки в приміщенні, Вт; c_p – питома масова теплоємність повітря ($c_p = 1,005$ кДж/(кг·К)); $t_{\text{вил}}$, $t_{\text{пр}}$ – відповідно температура вилученого і припливного повітря, °С; $\rho_{\text{пр}}$ – густина припливного повітря, кг/м³.

В ТПР температуру в робочій зоні приміщень $t_{\text{в}}$ приймають на 3...5°С вищою від температури зовнішнього повітря (категорії А), але не більшою, відповідно, 31...33°С [23]:

$$t_{\text{в}} = t_{3\text{А}} + 3...5, \quad ^\circ\text{С}. \quad (3.5)$$

Загалом $t_{\text{вил}}$ можна визначити за формулою:

$$t_{\text{вил}} = t_{\text{в}} + \psi \cdot (H - 2), \quad ^\circ\text{С}, \quad (3.6)$$

де ψ – температурний градієнт (для промислових приміщень $\psi = 0,3...1,0$ °С/м [29]); H – висота приміщення, м; 2 – висота робочої зони, м.

Для приміщень громадських будинків висотою до 4 м приймають $t_{\text{вил}} = t_{\text{в}}$.

Загальнообмінний повітрообмін, необхідний для асиміляції волого-виділень, визначають за формулою:

$$L_W = \frac{M_W}{\rho_{\text{пр}} \cdot (d_{\text{вил}} - d_{\text{пр}})}, \quad \text{м}^3/\text{год}, \quad (3.7)$$

де – M_W вологовиділення в приміщенні, г/год ; $d_{\text{вил}}$, $d_{\text{пр}}$ – відповідно вологовміст вилученого і припливного повітря, г/кг.

Для схеми загальнообмінної вентиляції “знизу-уверх” приймають $d_{\text{вил}} = d_{\text{в}}$.

Необхідна для боротьби з запахами кількість припливного повітря зображена у вигляді графічної залежності на рис. 3.6.

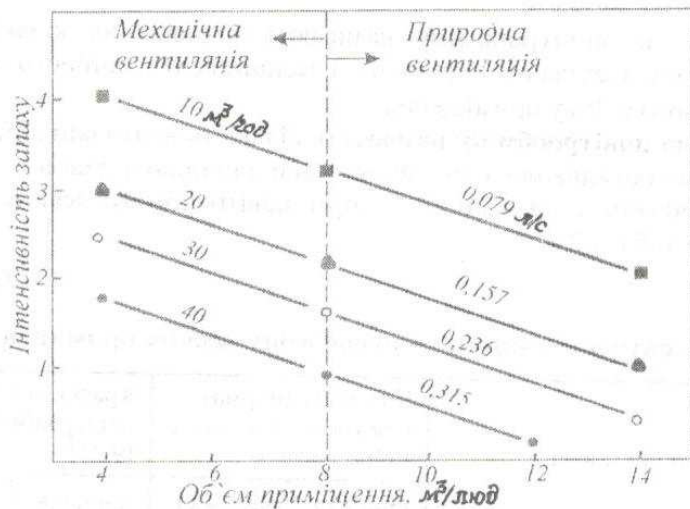


Рис. 3.6. Необхідна для боротьби з запахами кількість припливного (зовнішнього) повітря:

1 – відсутний; 2 – допустимий; 3 – явно-відсутний; 4 – дуже неприємний запах

Для невеликого об'єму приміщення (менше 8 м³/люд) перевага надається вентиляції з механічним спонуканням (див. рис. 3.6). Однак вентиляція не завжди знищує запахи (наприклад, на промислових підприємствах). У цьому випадку рекомендується застосування один з таких технічних прийомів: *маскування; нейтралізація; абсорбція; адсорбція; іонізація; хлорування; спалювання і конденсація.*

Маскування. В забруднене повітря впорскують речовину з вторинним запахом.

Нейтралізація. Деякі запахи у відповідних пропорціях нейтралізують один одного, що призводить до зниження загального рівня запаху.

Абсорбція. Забруднене повітря пропускають через водяні скрубери або зрошувальні камери. Цей спосіб придатний тільки тоді, коли хімічна речовина, яка виділяє запах, розчиняється у воді.

Адсорбція. Здатність, наприклад, активованого вугілля (твердої речовини) поглинати молекули деяких газів і пари. Для реактивації вугілля використовують високотемпературну водяну пару. Тривалість дії адсорбента 6...24 місяців. Активоване вугілля поглинає 95% шкідливих хімічних та інших речовин.

Інші способи боротьби з запахами застосовуються досить обмежено.

Більшість приміщень житлових, громадських і адміністративно-побутових будинків характеризуються постійним складом та інтенсивністю шкідливих виділень, тому повітрообмін в них розраховують за кратностями і нормами.

Кратність повітрообміну називають відношення кількості припливного або вилученого протягом 1 години вентиляційного повітря до внутрішнього об'єму приміщення.

Нормою повітрообміну називають кількість вентиляційного повітря на одиницю обладнання, одну людину або одиницю площі приміщення.

Рекомендації з кратностей і норм повітрообміну деяких будинків наведені в табл. 3.3.

Таблиця 3.3

Кратності і норми повітрообміну деяких приміщень

Тип приміщення	Кратність (норма) повітрообміну, 1/год [35]		Кратність (норма) повітрообміну, 1/год [9, 21]	
	приплив	витяжка	приплив	витяжка
Глядацька зала кінотеатру, театру	6...10		За розрахунком, але не менше 20 м ³ зовнішнього повітря на 1 місце за годину	
Танцювальна зала, зала обідів ресторану	10...15		За розрахунком	
Їдальня	8...12		За розрахунком	
Канторське приміщення	4...6		2...3	
Перукарня	—		1...2	2...3
Кухня	—	2...6	—	60...90 м ³ /год
Ванна кімната	—	6	—	25 м ³ /год
Пральня	10...15		За розрахунком	

Плюсовий $\oplus$ баланс повітрообміну має місце, коли розрахункова кількість припливного повітря перевищує розрахункову кількість вилученого повітря ($L_{\text{пр}} > L_{\text{вил}}$); мінусовий $\ominus$ – у випадку, коли $L_{\text{пр}} < L_{\text{вил}}$; нульовий (0) – коли $L_{\text{пр}} = L_{\text{вил}}$.

Якщо кількість вилученого повітря на 10...30 % менша за розрахункову кількість припливного повітря, то в приміщенні створюється надлишковий тиск (підпір), який запобігає проникненню в приміщення шкідливостей з сусідніх приміщень і ззовні.

Під час виділення токсичних шкідливостей у приміщенні створюють *розрідження* завдяки зменшенню на 10...20 % розрахункової кількості припливного повітря, яка запобігає розповсюдженню шкідливостей в сусідні приміщення. Для цього залишають незмінною розрахункову кількість вилученого повітря.

3.3. АЕРОДИНАМІЧНИЙ РОЗРАХУНОК СИСТЕМ ПРИРОДНОЇ КАНАЛЬНОЇ ВЕНТИЛЯЦІЇ

Мета аеродинамічного розрахунку залежить від типу задачі: для прямої – це визначення розмірів перерізів каналів для заданої витрати повітря через них; для оберненої – це визначення витрати повітря для заданих розмірів перерізів каналів.

Розрахунковий гравітаційний напір, який діє в системі вентиляції, визначають за формулою:

$$H_{\text{пр}} = h \cdot (\rho_3 - \rho_{\text{в.сеп}}) \cdot g, \text{ Па}, \quad (3.8)$$

де h – висота стовпа повітря, м (приймають рівною відстані між центрами припливного і викидного вентиляційного отворів); ρ_3 , $\rho_{\text{в.сеп}}$ – густина припливного (зовнішнього) і внутрішнього повітря, кг/м³; g – прискорення вільного падіння, м/с².

У розрахунковому режимі природних каналних систем вентиляції густину внутрішнього повітря приміщення приймають при нормованій опалювальній температурі, а густину припливного (зовнішнього) повітря – при температурі +5°C; для розрахункового ТПР під час аерації густину припливного повітря приймають при температурі зовнішнього повітря (категорії А).

Для нормальної роботи системи природної вентиляції необхідно, щоб зберігалась рівність:

$$a \cdot \sum (R \cdot l \cdot n + Z) = H_{\text{пр}}, \text{ Па}, \quad (3.9)$$

де R – питома втрата тиску на тертя, Па/м (рис. 3.6); l – довжина каналу, м; Z – втрати тиску в місцевих опорах каналу (колінах, трійниках, місцях зміни перерізу тощо), Па; n – коефіцієнт, який залежить від шорсткості стінок каналу (табл. 3.4); a – коефіцієнт запасу ($a = 1,1 \dots 1,15$).

Для здійснення розрахунку виконують таку попередню розрахунково-графічну роботу: визначають повітрообмін для кожного приміщення (з розрахунку за кратностями чи нормами); компонують систему вентиляції; на планах поверхів викреслюють елементи системи (канали, жалюзійні ґратки тощо); креслять аксонометричну схему системи, на якій вказують номер, витрату повітря і довжину розрахункових ділянок.

Аеродинамічний розрахунок каналів виконують за допомогою таблиць [9, 21] або номограми (рис. 3.7), які складені для сталевих повітропроводів круглого перерізу для $\rho = 1,205 \text{ кг/м}^3$ і $t = 20^\circ\text{C}$.

Щоб скористатись номограмою (рис. 3.7) або таблицею [9, 21] для розрахунку каналу прямокутного перерізу, необхідно попередньо визначити величину еквівалентного діаметра, тобто такого діаметра круглого трубопроводу, для якого при однаковій швидкості руху повітря в ньому і в прямокутному каналі, питомі втрати тиску на тертя були б однаковими.

Еквівалентний діаметр каналу для цього випадку визначають за формулою:

$$d_{\text{екв}} = \frac{2ab}{a+b}, \text{ м}, \quad (3.10)$$

де a, b – розміри сторін каналу, м.

Втрати тиску у місцевих опорах визначають за формулою:

$$Z = \sum \zeta \cdot p_d, \text{ Па}, \quad (3.11)$$

де $\sum \zeta$ – сума коефіцієнтів місцевих опорів; p_d – динамічний тиск, Па (рис. 3.7).

Таблиця 3.4

Значення коефіцієнтів n

Швидкість руху повітря, м/с	Матеріал стінок каналу			
	шлакогіпс	шлакобетон	тиньк	цегла
0,4	1,08	1,11	1,25	1,48
0,8	1,13	1,19	1,4	1,69
1,2	1,18	1,25	1,5	1,84
1,6	1,22	1,31	1,58	1,95
2,0	1,25	1,35	1,65	2,04

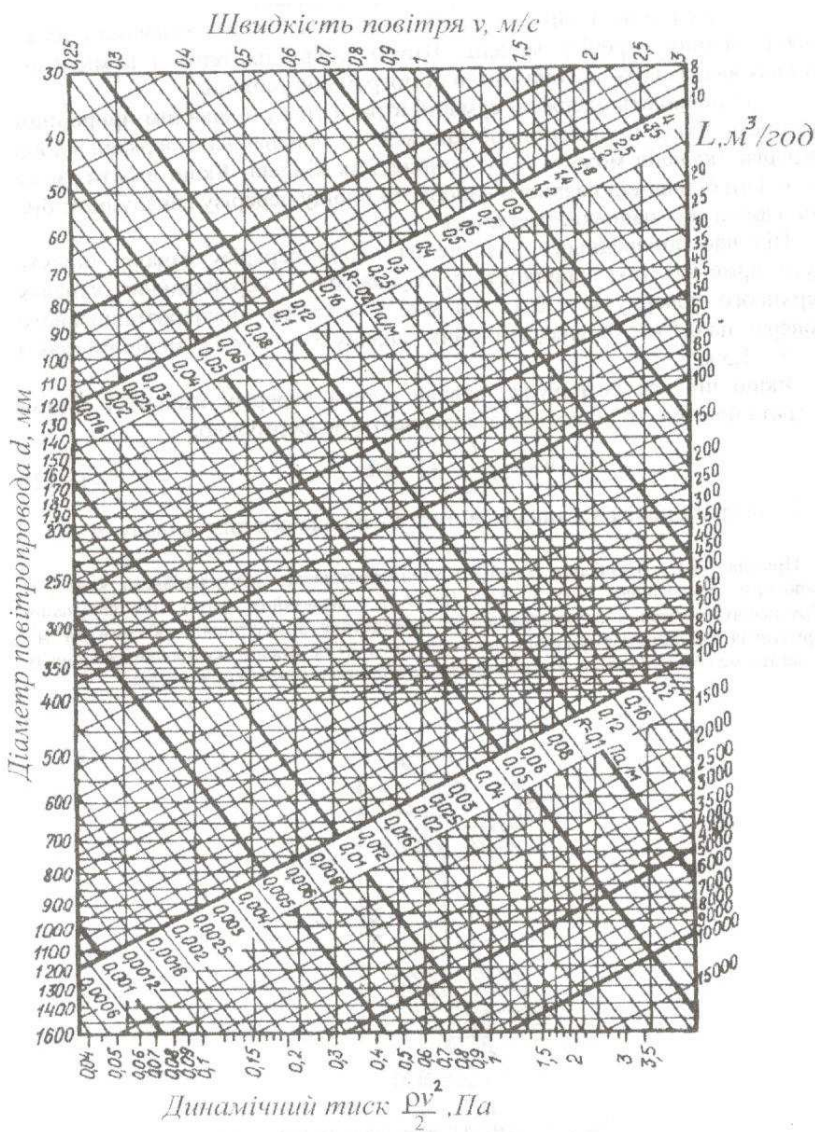


Рис. 3.7. Номограма для розрахунку круглих сталевих повітропроводів

Методику розрахунку систем каналної природної вентиляції можна подати у такій послідовності:

- приймають швидкість руху повітря в каналі;
- за витратою повітря і прийнятою швидкістю визначають попередню площу перерізу каналів. Втрати тиску на тертя і в місцевих опорах визначають за допомогою номограм або таблиць;
- порівнюють одержані сумарні втрати тиску з наявним природним напором. Якщо ці величини співпадають, то попередньо одержані площі перерізів каналів можуть бути прийняті як кінцеві. Якщо втрати тиску менші чи більші від наявного напору, то площу перерізу каналу потрібно збільшити або, навпаки, зменшити.

Під час попереднього визначення площі перерізу каналів можуть бути прийняті такі швидкості руху повітря: в вертикальних каналах верхнього поверху $v = 0,5 \dots 0,6$ м/с, з кожного нижчерозташованого поверху на 0,1 м/с більше; в збірних каналах $v > 1$ м/с і у викидній шахті $v = 1 \dots 1,5$ м/с.

Якщо під час розрахунку задана площа перерізу каналів і відома витрата повітря, то швидкість v визначають за формулою:

$$v = \frac{L}{3600 \cdot f}, \text{ м/с}, \quad (3.12)$$

де L – витрата повітря в каналі, м³/год; f – площа перерізу каналу, м².

Приклад 3.1. Підібрати переріз внутрішньостінового вентиляційного каналу з природним спонуканням руху повітря (рис.3.8) і жалюзійну ґратку для вилучення забрудненого повітря з адміністративного приміщення з внутрішнім об'ємом 54 м³. Нормативна кратність повітрообміну приміщення, 1 1/год. Висота вентиляційного каналу від центра жалюзійної ґратки до площини виходу повітря в атмосферу $h = 4,8$ м.

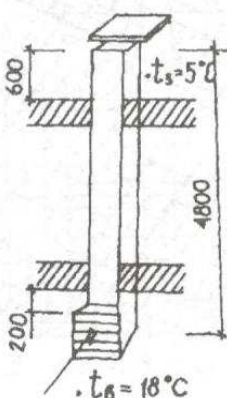


Рис.3.8. Схема вентиляційного каналу

Розв'язування.

Густину повітря визначаємо за формулою :

$$\rho_t = \frac{353}{273+t}, \text{ кг/м}^3;$$

- для зовнішнього повітря

$$\rho_3 = \frac{353}{273+5} = 1,270 \text{ кг/м}^3;$$

- для внутрішнього повітря

$$\rho_B = \frac{353}{273+18} = 1,213 \text{ кг/м}^3.$$

Визначаємо перепад гравітаційного тиску, завдяки якому виникає рух повітря у вентиляційному каналі :

$$\Delta p_{\text{гр}} = h \cdot (\rho_3 - \rho_B) \cdot g = 4.8 \cdot (1.270 - 1.213) \cdot 9.81 = 2.68 \text{ Па},$$

де $g = 9.81 \text{ м/с}^2$ - прискорення вільного падіння.

Розраховуємо повітрообмін приміщення за нормативною кратністю :

$$L = K \cdot V = 1 \cdot 54 = 54 \text{ м}^3/\text{год},$$

де K – кратність повітрообміну, 1/год; V – внутрішній об'єм приміщення, м^3 .

Приймаючи внутрішньостіновий канал розміром $a \times b = 140 \times 140 \text{ мм}$ (у цегляній стіні), визначаємо середню швидкість повітряного потоку в його перерізі:

$$v_K = \frac{L}{3600 \cdot f_K} = \frac{54}{3600 \cdot (0.14 \cdot 0.14)} = 0.77 \text{ м/с},$$

яка знаходиться у рекомендованих межах.

Передбачаємо на вході в канал регульовану жалюзійну ґратку РР 100 × 200 з живим перерізом для проходу повітря $f_{\text{ж.п}} = 0,0126 \text{ м}^2$.

Визначаємо середню швидкість повітряного потоку в живому перерізі ґратки:

$$v_{\text{гр}} = \frac{L}{3600 \cdot f_{\text{ж.п}}} = \frac{54}{3600 \cdot 0,0126} = 1,19 \text{ м/с},$$

яка знаходиться у рекомендованих межах.

3.4. СИСТЕМИ КОНДИЦІОНУВАННЯ ПОВІТРЯ (СКП)

Система кондиціювання повітря – це система, у якій поєднані всі або окремі елементи: пристрої або апарати для тепловологісного оброблення повітря; трубопровідні мережі для транспортування повітря і розподілення його по окремих приміщеннях; пристрої для розподілення припливного повітря і організованого вилучення повітря приміщення. Пристрої і апарати, в яких відбувається передавання повітрю теплоти і вологи або їх відбирання, мають свою систему теплохолодопостачання від генераторів теплоти і холоду.

Системи комфортного кондиціювання призначені для створення в приміщеннях мікрокліматичних умов, *оптимальних* для життєдіяльності людей або тварин.

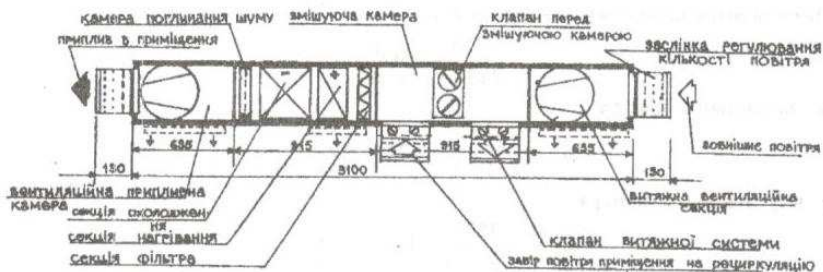


Рис. 3.9. Конструктивна схема сучасного центрального кондиціонера

Технологічне кондиціонування застосовують для підтримання у виробничих приміщеннях умов, які потрібні для нормального здійснення технологічних процесів і не виходять за межі санітарно-гігієнічних вимог.

За використання *рециркуляційного повітря* СКП поділяють на **прямотоківі** (рис. 3.10), які обробляють і подають у приміщення тільки зовнішнє повітря і **рециркуляційні** (рис. 3.11), які обробляють і подають у приміщення суміш зовнішнього і вилученого з приміщення повітря.

У *центральных СКП* кондиціонери переважно встановлюють в спеціальних приміщеннях – припливних камерах.

Основні переваги центральної СКП: обслуговування одного великого приміщення (цеху, глядацької або спортивної зали) або декількох менших приміщень (номери готелю, кабінети адміністративного будинку тощо); основне і додаткове обладнання розташоване на маловживаній площі; обладнання доступне для обслуговування; тепло- і холодопостачання кондиціонера відбувається самостійними опалювальними і холодильними установками, які можуть розташовуватись як поряд з кондиціонером, так і в інших приміщеннях. Центральні СКП пов'язані з приміщеннями, які вони обслуговують, розгалуженою мережею повітропроводів.

Характеристики деяких холодильних машин, холодильних агентів і холодоносіїв наведені в дод. 39 і [17].

Центральні кондиціонери постачаються заводами посекційно (поєднуються в один агрегат на місці монтажу) або повнозбірними (у вигляді контейнера, в якому умонтовані основні пристрої і агрегати).

Конструктивна схема сучасного центрального кондиціонера зображена на рис. 3.9.

Повітря від центрального кондиціонера перед подаванням у приміщення може додатково оброблятись або подаватись без оброблення.

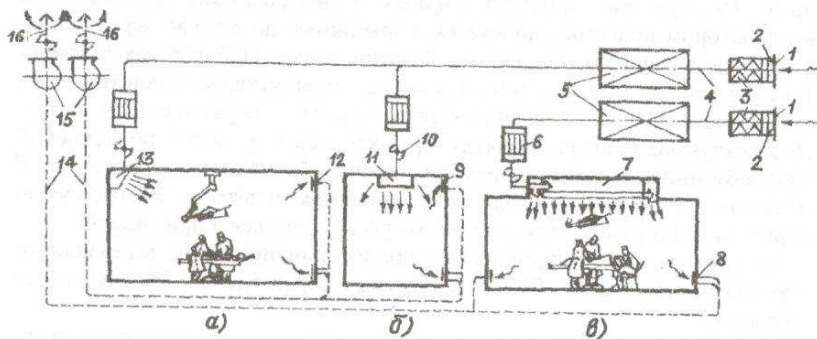


Рис. 3.10. Прямотечійна СКП операційних приміщень лікарні:

a, б, в – операційні; 1 – повітрязабірний пристрій; 2 – регулювальні клапани зовнішнього повітря; 3 – фільтри бактерицидні; 4 – вентиляційні канали; 5 – центральні кондиціонери; 6 – шумопоглиначі; 7 – припливні повіторозподільники з бактерицидними лампами; 8, 9, 12 – повітрязабірні пристрої вилученого повітря; 10 – запірно-регулювальні пристрої; 11, 13 – повіторозподільники; 14 – витяжні канали; 15 – вентиляційні агрегати; 16 – викидні шахти

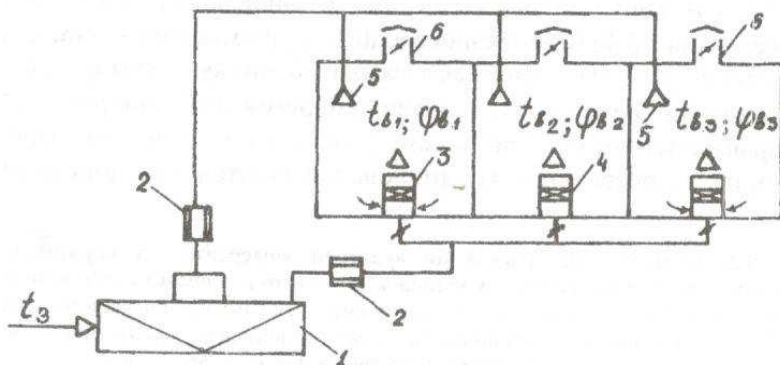


Рис. 3.11. Схема центральної зональної СКП з ежекційними кондиціонерами-доводчиками:

1 – центральний кондиціонер; 2 – шумопоглинач; 3 – ежекційний кондиціонер-доводчик; 4 – пристрій для нагрівання або охолодження припливного повітря; 5 – повітрязабірний пристрій для вилучення рециркуляційного повітря; 6 – викидні шахти

Додаткове оброблення повітря може відбуватись у зональних підігрівниках (охолодниках), змішувачах, вентиляторних або ежекційних доводчиках (рис. 3.11).

Принцип дії ежекційних кондиціонерів-доводчиків полягає в наступному. Повітря, яке пройшло обробку в центральному кондиціонері, вентилятором подається до кожного доводчика, де витікає через сопла-форсунки з великою швидкістю. Завдяки цьому відбувається підсмоктування повітря з приміщення. Кількість підсмоктуваного повітря може в декілька разів перевищувати кількість первинного повітря. Підсмоктуване повітря спочатку проходить через фільтр і поверхневий теплообмінник, у якому циркулює гаряча або холодна вода, а потім надходить у камеру змішування з первинним повітрям. Відтак суміш первинного і підсмоктуваного повітря розподіляється в приміщенні.

Продуктивність типових центральних кондиціонерів вітчизняного виробництва становить: 10...40 тис. м³/год – середніх; 50...250 тис. м³/год – великих.

Місцеві неавтономні кондиціонери (рис. 3.12, дод. 6) можуть обслуговувати одне невелике приміщення (робочий кабінет, лабораторію тощо). Вони встановлюються переважно в цьому ж приміщенні або поряд. Інколи місцеві кондиціонери розташовують безпосередньо на робочому місці для створення мікроклімату в обмеженій зоні приміщення.

Місцеві автономні кондиціонери мають вбудовані теплообмінники, зволожувачі і холодильні машини, що є їх основною перевагою. Охолодження конденсатора холодильних машин – повітряне або водяне. *Кондиціонери з повітряним охолодженням* встановлюють в зовнішніх стінах (вікнах) (рис. 3.13) або безпосередньо у приміщенні – випарно-регульовальний блок, а на горищі або назовні будинку – компресорно-конденсаторний блок, які з'єднують між собою мідними трубками (рис. 3.14). Технічні характеристики блочних кондиціонерів типу "Split" наведені у дод. 41, а приклад розрахунку кондиціювання повітря з їх допомогою нижче.

Приклад 3.2. Передбачити для навчальної аудиторії університету з нормативною кількістю студентів 80 чоловік кондиціювання повітря місцевими автономними кондиціонерами типу "SPLIT" (дод. 41), які працюють в режимі повної рециркуляції у м.Харкові в ТПР. В холодний і перехідний періоди року кондиціонери даного типу можуть працювати в режимі теплонасосної установки, нагріваючи повітря приміщення.

Розв'язування.

Приймаємо основні кліматологічні дані (розрахункові параметри зовнішнього повітря) місяця будівництва за категорією Б в ТПР з [23, 24] або дод. 2:

- температура – $t_{3Б} = 29,4^{\circ}\text{C}$;
- питома ентальпія – $I_{3Б} = 56,1 \text{ кДж/кг}$;
- швидкість вітру – $v_{3Б} = 1,0 \text{ м/с}$.

Барометричний тиск в даній місцевості 990 гПа, а розрахункова географічна широта 52° пн.ш.

Розрахункові оптимальні метеорологічні параметри повітря в робочій зоні аудиторії з [23, 24]:

- температура

$$t_B = 20 + 0,63(t_{3B} - 22) = 20 + 0,63 \cdot (29,4 - 22) \cong 25^\circ \text{C};$$

- відносна вологість

$$\phi_B = 60...30 \%$$

(розрахунок необхідно провести при $\phi_B = 30 \%$, оскільки тоді потрібна найбільша холодопродуктивність кондиціонера);

- швидкість (рухомість) повітря

$$v_B \leq 0,3 \text{ м/с.}$$

Визначаємо теплонадходження у приміщення від сонячної радіації через віконні прорізи за формулою:

$$Q_{\text{Вік}} = F_{\text{Вік}} \cdot q_{\text{Вік}} \cdot A_{\text{Вік}} \cdot B_t,$$

де $F_{\text{Вік}}$ – площа віконних прорізів, м^2 ; $q_{\text{Вік}}$ – тепловий потік, що проходить через 1 м^2 площі віконного прорізу відповідної орієнтації, Вт/м^2 ; $A_{\text{Вік}}$ – коефіцієнт, який враховує характер засклення, наявність затінювальних жалюзі тощо.

Нехай $Q_{\text{Вік}} = 3500 \text{ Вт}$.

Повні тепловиділення від людей у приміщення при $t_B = 25^\circ \text{C}$ і легкій роботі визначаємо за формулою:

$$Q_{\text{Л}}^{\text{П}} = q_{\text{Ч}}^{\text{П}} \cdot n_{\text{Ч}} + 0,85 q_{\text{Ж}}^{\text{П}} \cdot n_{\text{Ж}} = 145 \cdot 40 + 0,85 \cdot 145 \cdot 40 = 10730 \text{ Вт},$$

$q_{\text{Ч}}^{\text{П}}$ – повні тепловиділення від одного чоловіка залежно від температури повітря та інтенсивності роботи [9, 28], дод. 32, Вт ; $n_{\text{Ч}}$ і $n_{\text{Ж}}$ – відповідно кількість чоловіків і жінок в аудиторії.

Кількість повної теплоти, яка вноситься припливним вентиляційним повітрям з розрахунку 25 $\text{м}^3/(\text{год} \cdot \text{люд})$, визначаємо за формулою:

$$Q_{\text{Вент}}^{\text{П}} = 0,278 G_{\text{Вент}} \cdot (I_3 - I_B) = 0,278 \cdot (25 \cdot 80 \cdot 1,2) \cdot (56,1 - 40) = 10742 \text{ Вт},$$

де $G_{\text{Вент}}$ – масова витрата припливного вентиляційного повітря, кг/год ; I_3 – розрахункова питома ентальпія зовнішнього повітря, кДж/кг ; I_B – розрахункова питома ентальпія внутрішнього повітря при $t_B = 25^\circ \text{C}$ і $\phi_B = 30 \%$, кДж/кг ; $1,2 \text{ кг/м}^3$ – густина повітря.

Сумарні надлишкові повні теплонадходження у приміщення від усіх джерел тепловиділень становлять :

$$Q_{\text{Надл}}^{\text{П}} = Q_{\text{Вік}} + Q_{\text{Л}}^{\text{П}} + Q_{\text{Вент}}^{\text{П}} = 3500 + 10730 + 10742 = 24972 \cong 25,0 \text{ кВт}.$$

Приймаємо за дод. 41 три кондиціонери з випарно-регульовальними агрегатами (блоками) SAP-K 243 GHS5 (стандартна холодопродуктивність одного 6850 Вт) і компресорно-конденсаторними агрегатами (блоками) SAP-C 243 GH38. Габаритні розміри SAP-K 243 GHS5 – $370 \times 1250 \times 210 \text{ мм}$; SAP-C 243 GH38 – $835 \times 850 \times 305 \text{ мм}$.

Місцеві кондиціонери – віконного, підвіконного, шафового типу випускаються повнозбірними або з двох-трьох укрупнених блоків продуктивністю 0,24...18 тис. $\text{м}^3/\text{год}$. Промисловість випускає автономні кондиціонери побутового та загальнопромислового призначення і

спеціальні (автотранспортні, для обчислювальних центрів, операційних палат тощо).

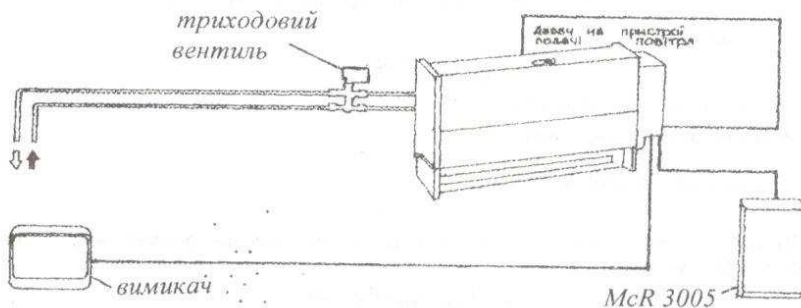


Рис. 3.12. Місцевий неавтономний кондиціонер з двотрубною системою централізованого тепло- і холодопостачання

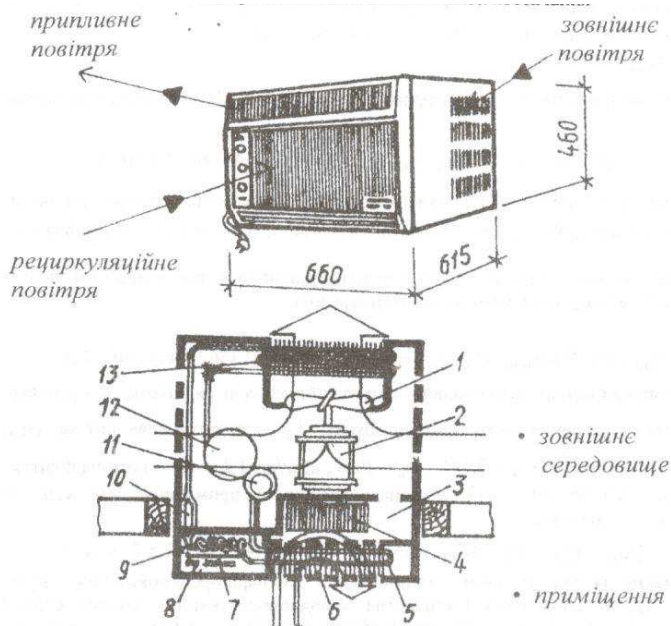


Рис. 3.13. Побутовий автономний кондиціонер БК-2500 з повітряним охолодженням конденсатора:

- 1 – осьовий вентилятор; 2 – електродвигун; 3 – повітряний канал зовнішнього повітря;
- 4 – радіальний вентилятор; 5 – випарник; 6 – жалюзі припливного і рециркуляційного повітря; 7 – діафрагма; 8 – пульт керування; 9 – капілярна трубка; 10 – фільтр-осушувач;
- 11 – розширювач; 12 – компресор; 13 – конденсатор

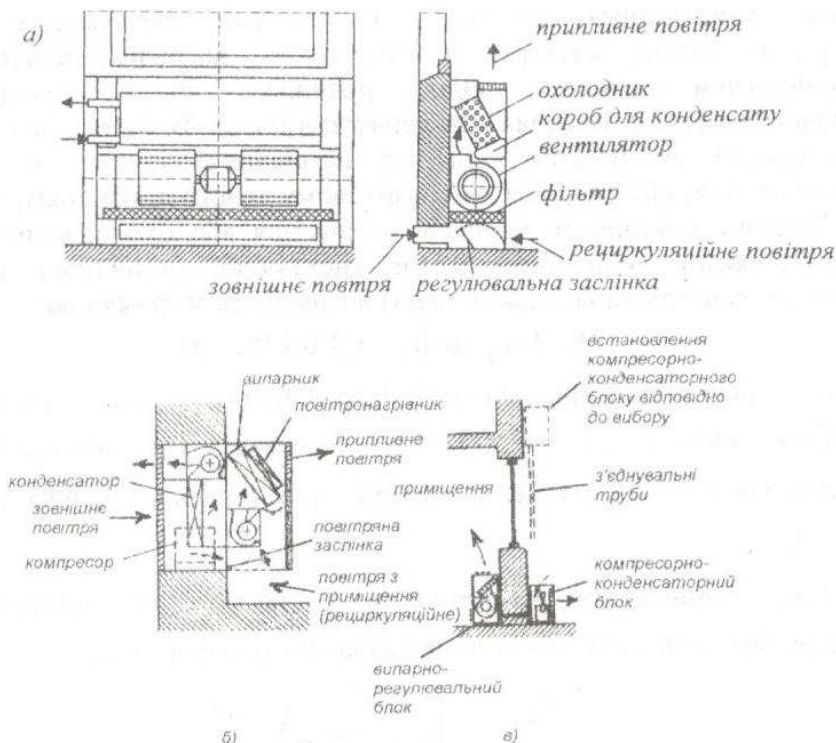


Рис. 3.14. Схеми побутових автономних кондиціонерів:

а – підвісний із забором зовнішнього повітря через отвір стіни; б – вмонтований у вікно або стіновий проріз з охолодженням тільки рециркуляційного повітря; в – з роздільним розташуванням випарно-охолоджувального і компресорно-конденсаторного блоків (типу "SPLIT") та охолодженням тільки рециркуляційного повітря

В неавтономних шафових кондиціонерах типу КНУ-7.5; КНУ-12; КНУ-18 принципові схеми оброблення повітря ідентичні з центральними кондиціонерами.

3.5. ПОВІТРОПРИГОТУВАННЯ В СВ, СКП І СИСТЕМАХ ПОВІТРЯНОГО ОПАЛЕННЯ

Повітроприготуванням називають процеси зміни стану повітряного середовища з метою доведення його до відповідних кондицій, які полягають в нагріванні або охолодженні, зволоженні або осушуванні, очищенні. Повітроприготування відбувається в елементах припливних вентиляційних установок (ПВУ) (рис. 3.16) і кондиціонерів.

Очищення і нагрівання повітря відбувається переважно у ПВУ, зволоження або осушення, охолодження або нагрівання, дезодорація і

іонізація – тільки в кондиціонерах. Оброблення повітря у поверхневих теплообмінниках – у повітронагрівниках (калориферах), повітроохолодниках, утилізаторах теплоти – відбувається *теплоносієм* (парою, нагрітою водою, електроенергією, газом, нагрітим повітрям) або *холодоносієм* (холодною водою, розчинами солей), холодоагентом (хладонами тощо). Передавання теплоти в теплообмінниках від робочого середовища до повітря (під час нагрівання) і навпаки (під час охолодження) відбувається при незмінному вологовмісті повітря.

Теплову потужність процесів нагрівання або охолодження повітря поверхневими теплообмінниками (нехтуючи незначною витратою теплоти на нагрівання водяної пари) визначають за формулою:

$$Q = L \cdot c_p \cdot \rho \cdot (t_1 - t_2) \cdot 0,278, \text{ Вт}, \quad (3.13)$$

де L – кількість повітря, $\text{м}^3/\text{год}$; t_1 і t_2 – температура повітря до і після теплообмінника, $^{\circ}\text{C}$ ($t_1 = t_3$; $t_2 = t_{\text{пр}}$). За наявності у приміщенні теплонадлишків $t_{\text{пр}} < t_{\text{в}}$; при теплонедостачі (система повітряного опалення) $t_{\text{пр}} > t_{\text{в}}$.

При теплонедостачі в приміщенні $t_{\text{пр}}$ не може перевищувати 70°C . Площу поверхні теплообмінників визначають за формулою:

$$F_{\text{н}} = \frac{Q}{K \cdot (t_{1\text{сер}} - t_{2\text{сер}})}, \text{ м}^2, \quad (3.14)$$

де K – коефіцієнт теплопередачі теплообмінника, $\text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{K})$; $t_{1\text{сер}}$, $t_{2\text{сер}}$ – середні температури теплоносія і повітря, $^{\circ}\text{C}$.

Повітронагрівники (калорифери) – це сталеві, оцинковані або біметалеві водо- і пароповітряні теплообмінники, в трубках яких рухається тепло-носії, а в міжтрубному просторі повітря. Поверхня калориферів – пучки труб гладких або оребрених (навивні спіралі, пластини).

Для оброблення повітря інколи потрібно декілька калориферів і тоді їх як розташовують за повітрям, так і живлять теплоносієм за послідовною або паралельною схемою руху повітря і теплоносія (рис. 3.15).

Калорифери за схемою руху теплоносія поділяються на одноходові для пари (КП) і багатоходові (звичайно чотири ходи) для води (КВ). Калорифери поділяються на середні (С) глибиною 180 мм і великі (В) глибиною 220 мм. Як правило, одноходові калорифери встановлюються трубками вертикально, а багатоходові – трубками горизонтально. Для нагрівання повітря також використовують електрокалорифери.

Поверхневі повітроохолодники застосовують для охолодження і осушення повітря. Конструктивно вони подібні до калориферів. В їхніх

трубках циркулює холодоносії (холодна вода, розсіл) або холодоагент (хладон). Процес охолодження з осушенням досягається тоді, коли холодоносії забезпечує температуру теплообмінної поверхні нижчу за температуру точки роси повітря. У цьому випадку в контакт з холодною поверхнею волога повітря конденсується. Під час пропускання по трубках теплоносія теплообмінник може працювати як калорифер.

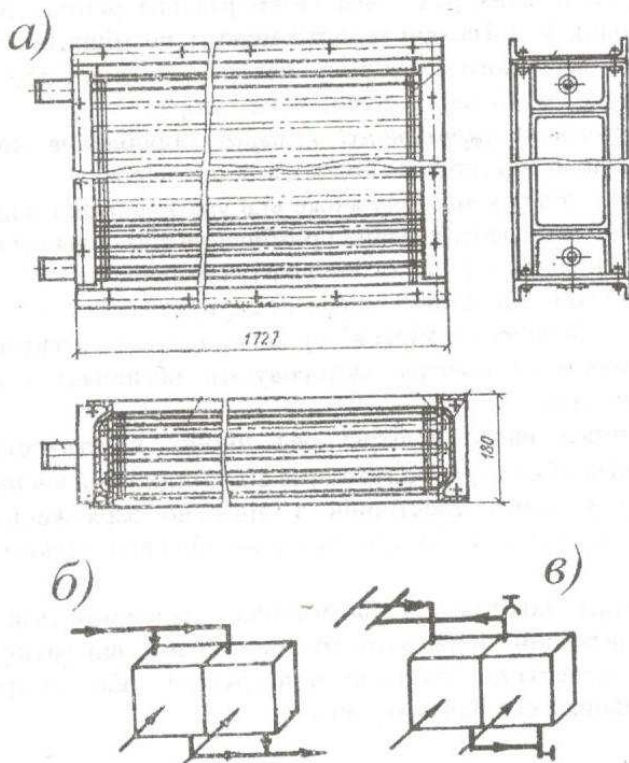


Рис. 3.15. Загальний вигляд калориферів (а) і типи їх об'язки трубопроводами:

б – паралельно за повітрям і паралельно за теплоносієм;

в – паралельно за повітрям і послідовно за теплоносієм

Теплообмінники-утилізатори теплоти викидного вентиляційного повітря застосовують для підігріву зовнішнього повітря припливної вентиляційної установки або кондиціонера. На сьогодні використовують різні види теплоутилізаторів.

В рекуперативних стаціонарних утилізаторах теплообмін відбувається між холодним і теплим потоками повітря через повітронепроникні

стінки (переважно металеві). Розділювальні стінки – набір гладких або гофрованих пластин товщиною 0,25 або 0,45 мм.

В регенеративних обертових утилізаторах теплоакумулювальна насадка ротора обертається в корпусі теплообмінника (10...12 об/хв) електроприводом, проходячи через потік теплового викидного повітря, сприймає теплоту від нього, а, перетинаючи холодний потік повітря, 60...80 % теплоти віддає цьому повітрю.

Рекуператорами теплоти викидного повітря можуть бути калорифери, в трубах яких рухається незамерзаюча рідина (наприклад, діетиленгліколь). Утилізатори теплоти можуть розміщатись у вентиляційних камерах верхнього технічного поверху, покрівлі, або на відкритих перекриттях за умови теплоізоляції утилізатора.

В *зрошувальних (промивних) камерах* оброблення повітря проводиться холодною або гарячою водою, а також парою.

Очищення повітря від пилу може відбуватись: перед подаванням зовнішнього повітря у вентилязоване приміщення або після підмішування до зовнішнього повітря вилученого повітря приміщення.

Для очищення припливного або рециркуляційного повітря від пилу застосовують *фільтри* (коміркові, рулонні, чарункові, масляні тощо).

Для *дезодорації* повітря застосовують поглиначі з активованого деревного вугілля.

Аероіонізація надає повітрю ряд цінних властивостей. Один з способів іонізації повітря – одержання від'ємних іонів кисню повітря під час викиду у нього електронів з від'ємно заряджених металевих електродів. Збільшення повітрообміну не збільшує кількості від'ємних іонів.

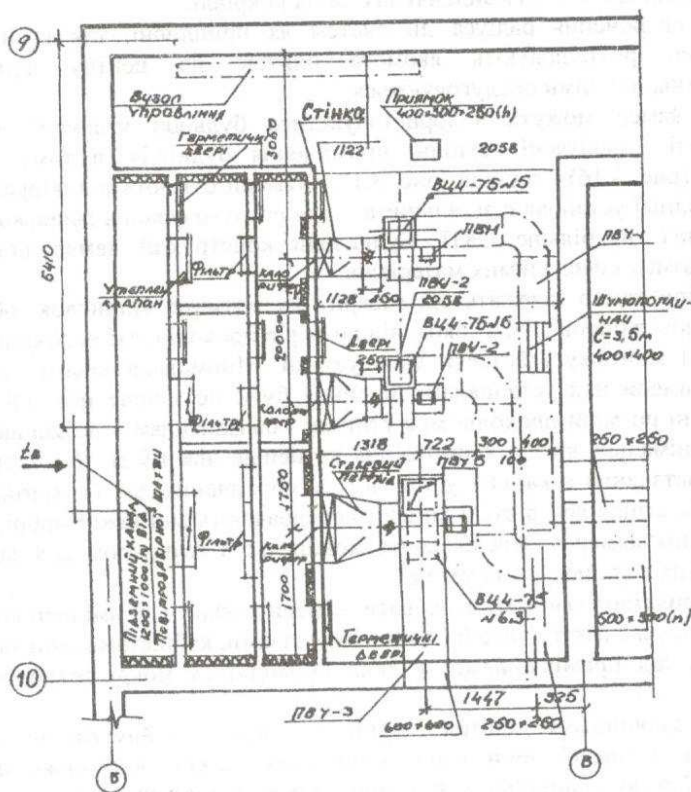
Дезинфекція повітря від патогенних мікроорганізмів досягається іонізацією (аероіони заряджають мікроорганізми, що змушує їх швидко осідати на поверхнях захисних конструкцій), або ультрафіолетовим випромінюванням спеціальних ламп.

3.6. КОНСТРУКТИВНІ ЕЛЕМЕНТИ СВ, СКП І СИСТЕМ ПОВІТРЯНОГО ОПАЛЕННЯ

Припливні системи вентиляції, СКП і системи повітряного опалення (СПО) можуть мати такі конструктивні елементи: забірний пристрій зовнішнього повітря, установку для оброблення повітря, шумопоглинальні і віброгасильні пристрої, мережу повітропроводів для транспортування повітря від установки до приміщення, повітророздавальні і запірно-регулювальні пристрої. СКП можуть також містити доводчики і засоби автоматизації.

Витяжні системи вентиляції можуть складатися з таких конструктивних елементів: пристроїв для вилучення повітря з

Установки для оброблення припливного повітря СВ можуть містити повітроочисний пристрій, калорифер, камера зрошення і вентилятор з електродвигуном (вентиляторний агрегат); а СКП – кондиціонери.



Витяжна СВ може додатково складатись з повітроочисного пристрою (пиловловника), теплообмінника-утилізатора теплоти з електродвигуном.

Припливна або витяжна СВ можуть обладнуватись однією установкою, продуктивність якої відповідає розрахунковому повітрообміну, а СКП – одним або декількома кондиціонерами.

Розміри установок залежать від продуктивності системи, розмірів обладнання і його компонування.

Деякі ПВУ монтують з окремого обладнання відповідно до проекту на місці будівництва (рис. 3.16), а деякі складають з готових металевих секцій заводського виробництва.

В громадських і промислових будинках припливні і витяжні установки СВ і СКП розташовують в спеціальних приміщеннях, **камерах**. В промислових будинках їх допускається розташовувати безпосередньо в цехах на підлозі або на майданчиках чи на покрівлі.

Для скорочення радіуса дії систем як припливні, так і витяжні установки розташовують якомога ближче до центру відносно приміщень, що ними обслуговуються.

Для камер можуть використовуватись будь-які утеплені звукоізолювані і освітлені технічні приміщення будинків, в тому числі підвали (рис. 3.16) і горища (рис. 3.17). Камери бувають індивідуальними для однієї установки; загальними – для обслуговування декількох СВ або однієї чи більше СКП. Будівельні конструкції камер повинні виконуватись з неспалимих матеріалів.

Розміри камер залежать від габаритних розмірів установок, обладнання і повітропроводів, а також від розмірів проходів, які необхідні для зручності монтажу і безпеки експлуатації. Мінімальна висота приміщення камери над установками повинна бути не менше 0,8 м, а мінімальні розміри проходів між стінами і обладнанням – не менше ніж 0,7 м; мінімальна висота приміщення не менше ніж 1,9 м. Для забезпечення достачання в камеру установок та обладнання для їх монтажу в зовнішніх стінах або в стелі камери передбачають монтажні прорізи. В припливних камерах передбачають монорельс з тельфером для заміни обладнання в процесі експлуатації.

Не допускається розташовувати камери поряд з приміщеннями, в яких перебуває багато людей (наприклад, залами, кабінетами, конторами тощо), під приміщеннями, у яких проводяться мокрі технологічні процеси.

Забір зовнішнього повітря у припливну вентиляційну камеру організовують з чистої зони через припливну шахту, яка може бути: приставною до зовнішньої стіни; віднесеною в чистішу зону території будинку; сумісною з конструкцією фонтану, колон-світильників, растральних колон, скульптурних рішень тощо. В будь-якому випадку повітрозабірний отвір повинен передбачатись не нижче ніж 2 м від рівня землі і обладнуватись ґратками з нерухомими жалюзі. Під час

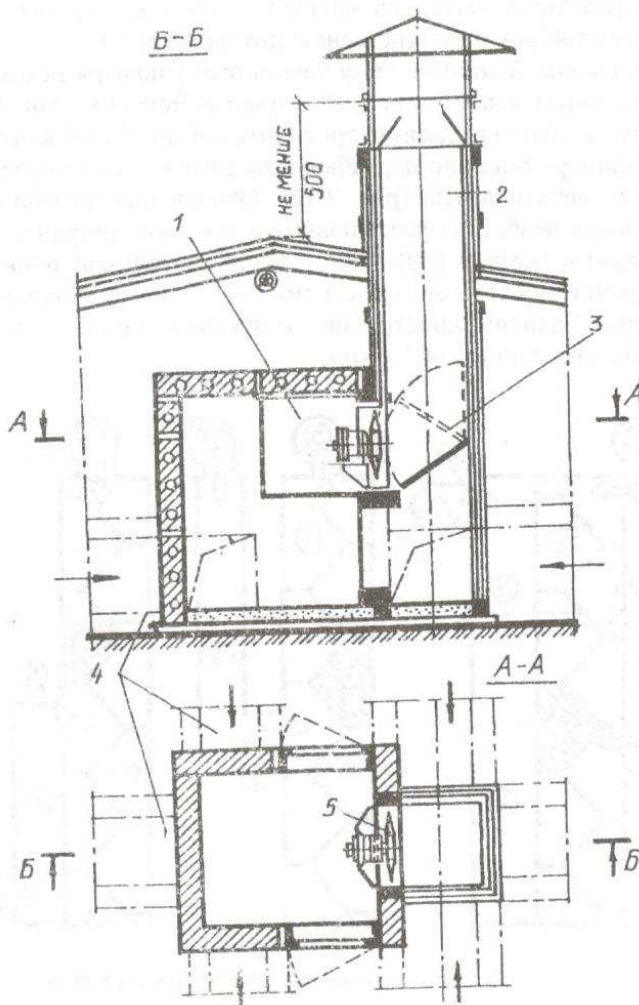


Рис. 3.17. Витяжна вентиляційна камера:

- 1 – дверцята; 2 – викидна шахта; 3 – клапан;
4 – повітропроводи; 5 – осьовий вентилятор

вибору місця забору повітря необхідно враховувати напрямок переважаючих вітрів і місця викидів в атмосферу забрудненого повітря. Як правило, забір зовнішнього повітря організують в зеленій зоні дворів, скверів, парків. Повітрозабірний пристрій необхідно передбачати на відстані 10...12 м від забруднюючих місць (котельні, вбиральні, їдалень, викидних вентиляційних шахт тощо). Можна забирати повітря

через повітрязабірну шахту на покрівлі, тоді викидна шахта повинна перевищувати забірну шахту не менше ніж на 2,5 м.

В промислових будинках забір зовнішнього повітря рекомендується здійснювати через отвори вікон або прорізи бокових стін. Подавання зовнішнього повітря системами протидимової аварійної вентиляції для створення підпору повинна передбачатись зосереджено зверху в сходові приміщення і шахти ліфтів (рис. 3.18). Отвори повітрязабору системи підпору повітря необхідно розташовувати так, щоб вилучити подавання в них продуктів горіння [20]. Конструкція венткамери повинна забезпечувати зручність і технологічність монтажу, обслуговування і ремонту вентагрегату. Захисні конструкції венткамер повинні мати межу вогнестійкості не менше ніж 0,5 год.

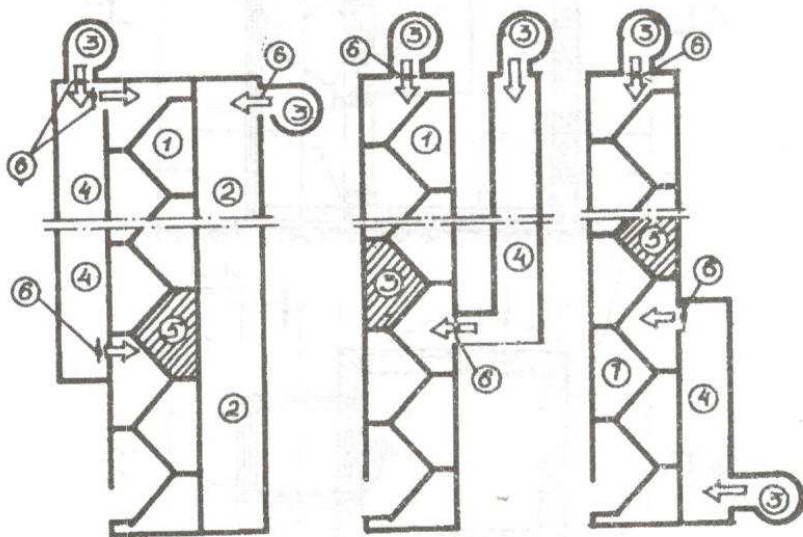


Рис. 3.18. Схеми організації подавання повітря в об'єм сходового приміщення і шахту ліфта:

- 1 – сходові приміщення; 2 – ліфтова шахта; 3 – вентилятор подавання повітря;
- 4 – канал для подавання повітря; 5 – розсічка; 6 – клапан для подавання повітря

Продукти горіння видаляють з поверхових коридорів через клапани в стінах шахт димовидалення. Кількість отворів на поверхсі необхідно приймати з розрахунку один отвір на відсік коридору довжиною до 30 м.

Отвори димовидалення необхідно передбачати ближче до дверного прорізу між поверховим коридором і об'ємом захисту на відстані не більше 0,15 м від перекриття. Розмір горизонтального клапана димовидалення повинен перевищувати розмір вертикального клапана, а

площу прохідного перерізу необхідно вибирати з ряду 0,3; 0,5; 0,7 м², а також за умови швидкості руху газів не більше ніж 20 м/с.

Шахта димовидалення повинна поєднувати поверхові отвори димовидалення відсіків коридорів будинку, розташованих безпосередньо один над одним, і обслуговувати тільки дані відсіки коридорів. Стіни шахти димовидалення повинні мати межу вогнестійкості не менше 1 год. Розміри внутрішнього поперечного перерізу шахти димовидалення необхідно вибирати за умови швидкості руху газів до 10 м/с.

В системах димовидалення необхідно передбачати тільки радіальні вентилятори. Один вентилятор повинен обслуговувати тільки одну шахту димовидалення. На тракті димовидалення забороняється встановлення запірно-регулювальних пристроїв.

Вентилятори димовидалення необхідно розташовувати на горищах або на покритті будинку в окремому приміщенні. Викид диму повинен бути факельним (через конфузор) зі швидкістю не менше ніж 20 м/с. Викидну трубу системи димовидалення необхідно встановлювати вертикально. Викидний отвір димовидалення необхідно розташовувати вище 3 м від отвору повітрязабору системи підпору повітря; відстань між цими отворами в плані повинна перевищувати 5 м (рис. 3.19).

У каналах димовидалення і підпору повітря **не допускається** прокладання будь-яких комунікацій. В загальній камері **не допускається** розташування вентагрегатів димовидалення і підпору повітря.

Шахта (рис. 3.1, 3.20, 3.21) – вертикальний вентиляційний канал для викиду в атмосферу вилученого системою витяжної вентиляції повітря або для забору зовнішнього повітря системою припливної вентиляції. Шахти обладнуються ґратками для горизонтального випускання в атмосферу повітря зонтом або дефлектором, утепленим клапаном для регулювання кількості повітря або для відключення системи. Виводяться шахти вище верхівки покрівлі на 1 м в природних і більше ніж на 0,5 м – в механічних системах вентиляції. Для влаштування шахт застосовують азбестоцементні труби або дерев'яний каркас, який оббитий з двох боків металом по повсті, просочений глиною, із зовнішнім тиньком.

Для механічної вентиляції швидкість повітря в повітрязбірних шахтах приймають 2...5 м/с, а у викидних шахтах 1,5...8 м/с.

Вентиляційні канали можуть виконуватись у вигляді вентиляційних блоків (рис. 3.22), прокладатись у товщі стін (канал вбудований), або бути приставними і підшивними (рис. 3.23) тощо. **Вбудований канал** – вентиляційний канал, який передбачений у спеціальних елементах збірного будівництва або в стіні; **підшивний канал** – вентиляційний канал, який прилягає до стелі приміщення; **приставний канал** – вентиляційний канал, який прилягає до стіни, колони.

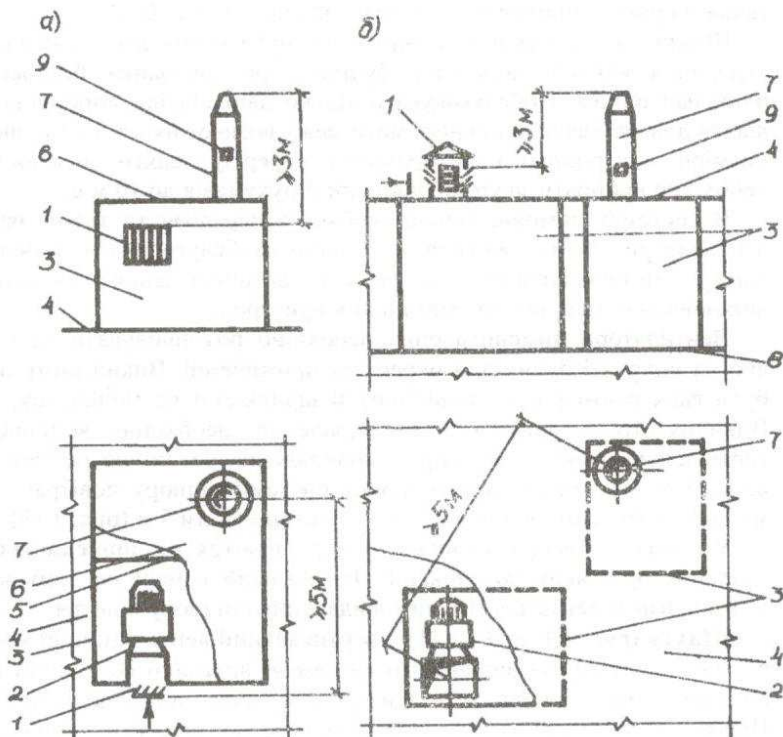


Рис. 3.19. Схеми взаємного розташування повітрязабірних і викидних отворів систем аварійної протидимової вентиляції з вентиляторами, які встановлені на даху будинку у вентиляційній камері, що розділена неспалювальною перегородкою (а), і в окремих венткамерах на технічному поверсі (горіщі) будинку (б):

1 – повітрязабірний отвір припливного вентилятора; 2 – припливний вентилятор; 3 – захисна конструкція венткамери; 4 – покриття будинку; 5 – суцільна неспалювальна перегородка; 6 – покриття венткамери; 7 – патрубок викидної труби системи димовидалення; 8 – міжповерхове перекриття; 9 – лючки для замірів

Мінімальні розміри вбудованих каналів: цегляних – 140×140 мм; діаметр бетонних – 100 мм. Мінімальна товщина цегляної стіни для однорядного розташування каналів в її товщі не менша 380 мм (1 і ½ цегли), а бетонних – не менша ніж 200 мм. Товщина простінків між двома каналами приміщень однакового призначення не менша ніж 140 мм, а різного призначення – 250 мм. Відстань від дверних прорізів до внутрішніх каналів не менша ніж 380 мм.

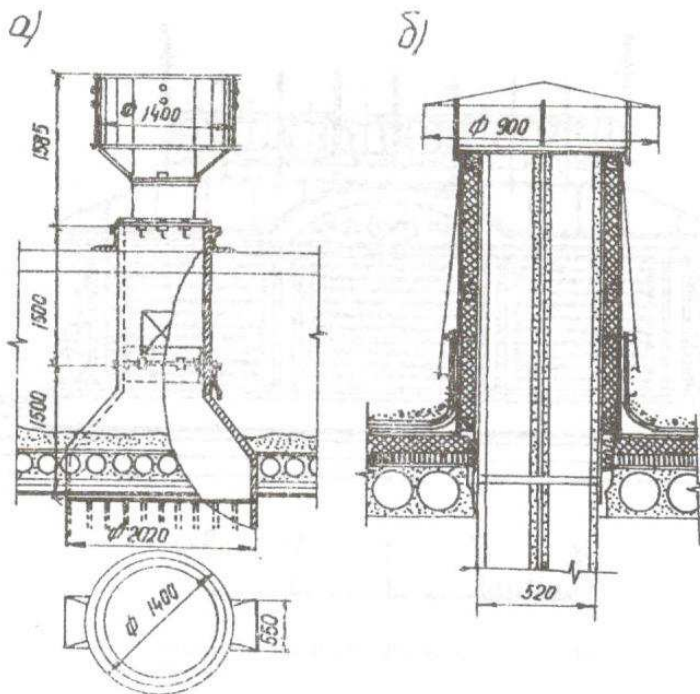


Рис. 3.20. Вентиляційні витяжні шахти:

а – з легкого бетону з об'єднанням витяжних каналів;
б – з цементно-фібролітових плит

Для природної вентиляції рекомендовану швидкість повітря у живому перерізі вентиляційних каналів верхніх поверхів висотних будинків приймають 0,5...0,7 м/с, середніх поверхів – 0,7...1 м/с, нижніх поверхів – 1...1,5 м/с, а для одноповерхових будинків – 0,5...0,7 м/с. Для механічної вентиляції рекомендовану швидкість повітря у живому перерізі вентиляційних каналів приймають 3...8 м/с.

Не допускається влаштування каналів в товщі зовнішніх стін і в місцях з'єднання стін. **Не рекомендується** застосовувати внутрішньостінові цегляні канали для транспортування вологого повітря (вологістю понад 60 %). Канали повинні бути строго вертикальними (допускається вертикальний похил каналу не менше ніж 60°).

В будинках, які мають димові труби печей, камінів, котлів, кухонних плит бажано, щоб вертикальні витяжні індивідуальні канали прилягали до стін димових каналів, що сприяє збільшенню природного напору (для цього перетинка до димового каналу повинна бути не менша ніж 250 мм).

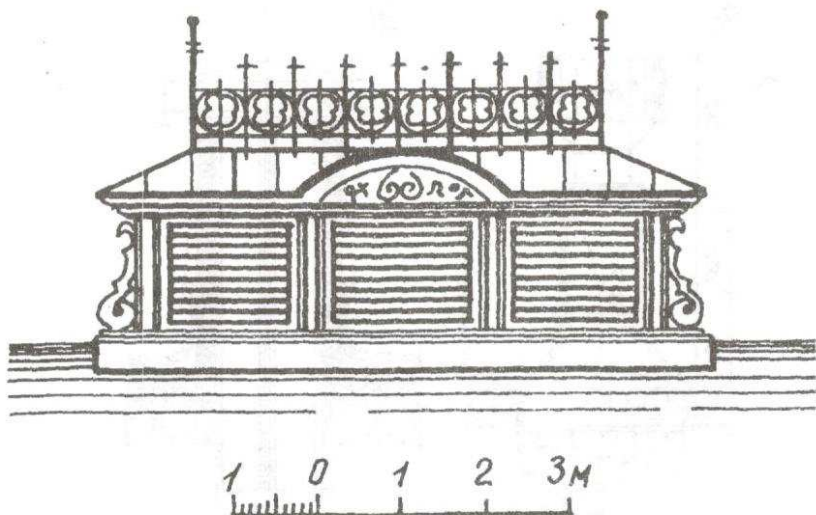


Рис. 3.21. Шахти з жалюзійними ґратками

Приставні канали можуть виконуватись з шлакогіпсових, гіпсових і вапняногіпсових плит товщиною 35...40 мм у приміщеннях з нормальною вологістю повітря; у приміщеннях з підвищеною вологістю – з азбестоцементних (витяжні) і шлакобетонних плит. Мінімальні розміри приставних каналів 100×150 мм. Приставні канали необхідно прокладати у внутрішніх кутах приміщення. Якщо їх прокладають біля зовнішніх стін, то потрібно передбачати повітряні зазори товщиною не менше ніж 50 мм.

Для влаштування приставних або окремих вертикальних каналів використовують пустоти залізобетонних настилів, ніші приміщень, акустичні ширми залів або удавані колони – пілястри тощо. При цьому приставні або окремі канали в межах кожного поверху повинні передавати свою вагу на конструкцію перекриття, а не на канали приміщень нижніх поверхів. Окремі канали можуть виконуватись з азбестоцементних або керамічних коробів, металевих тонкостінних труб (теплоізолюють труби зовні).

Повітропроводи круглого і прямокутного перерізу виготовляють переважно з тонколистового металу товщиною 0,55...2,5 мм. Їх прикріплюють до будівельних конструкцій хомутами, підвісками, кронштейнами. Для транспортування повітря, яке містить агресивні

домішки, використовують повітропроводи з алюмінію, титану, метало-пласту, пластмаси, а також азбестоцементні і керамічні труби.

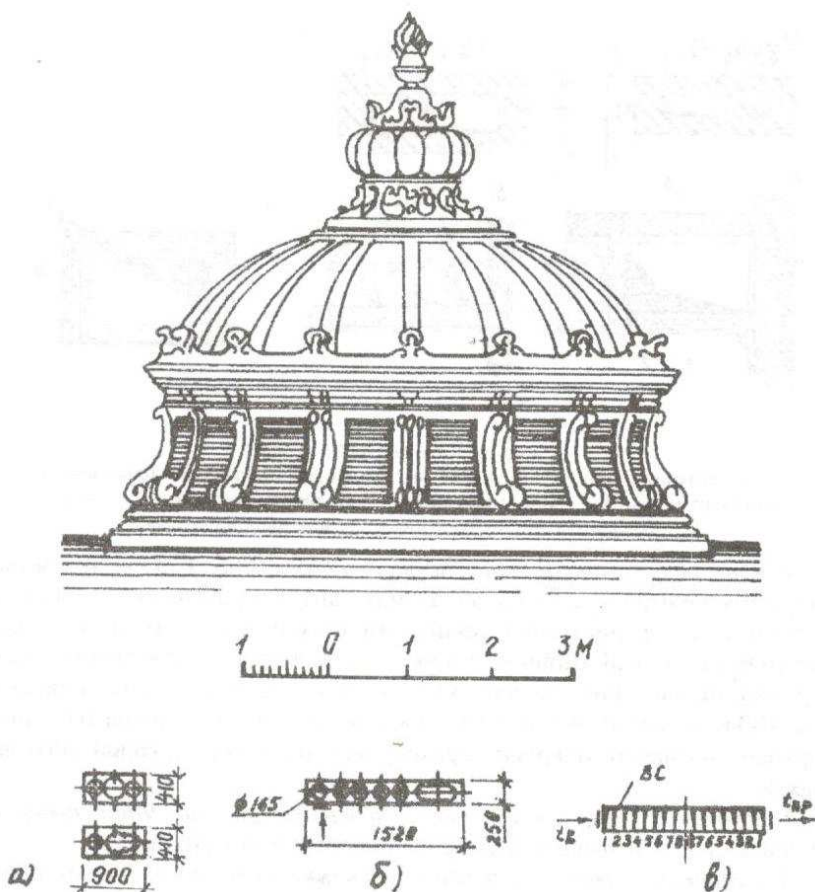


Рис. 3.22. Вентиляційні блоки і панелі:

а – бетонні блоки з вертикальними каналами;

б – бетонні панелі з похилими каналами;

в – блок з похилими припливними і витяжними каналами

Індивідуальні вертикальні канали однойменних приміщень допускається об'єднувати збірними горизонтальними каналами.

В безгорищних будинках вертикальні канали незначними групами виводяться вище покрівлі у вигляді труб, шахт або об'єднуються горизонтальними збірними каналами, які прокладаються під стелею сходових

приміщень або за підвісною стелею приміщення чи коридору верхнього поверху.

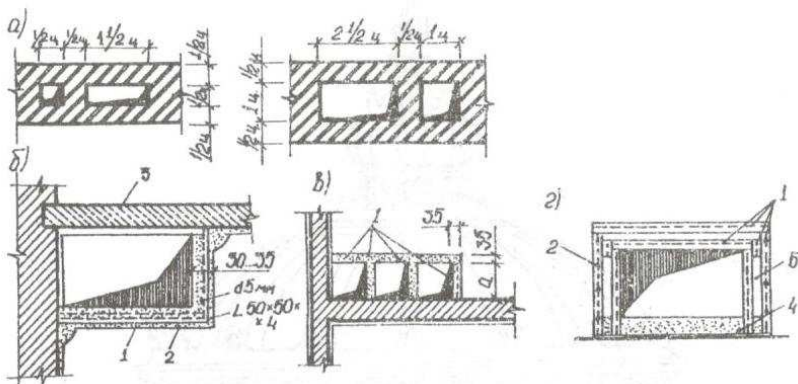


Рис. 3.23. Вентиляційні канали:

а – в цегляних стінах; *б* – підшивні до стелі (горизонтальні); *в* – приставні до стін (вертикальні); 2 – збірні на горищі; 1 – шлакогіпсові плити; 2 – тиньк; 3 – перекриття; 4 – заливка гіпсом; 5 – повітряний прошарок

У житлових будинках з теплими горищами (рис. 3.24) допускається випускати повітря з усіх індивідуальних каналів приміщень однієї секції у приміщення горища цієї секції, яка виконує роль збирного каналу (вентиляція каналізаційних стояків здійснюється транзитом через горище). Індивідуальні канали виходять вище підлоги теплового горища на 1 м. Викидна шахта теплового горища у цьому випадку виводиться вище верхньої позначки покрівлі, враховуючи позначку покрівлі ліфтової шахти.

В будинках малої і середньої поверховості (до 9-ти поверхів) індивідуальні вертикальні канали розташовують без утруднень.

В будинках підвищеної поверховості для економії корисної площі приміщень канали доводиться об'єднувати по вертикалі і ускладнювати систему (рис. 3.25).

Нині у висотних будинках часто застосовують системи з перепусканням каналів через 1...5 поверхів (рис. 3.25, *а*), а також уніфіковані елементи заводського виготовлення: вентиляційні блоки з каналами-супутниками (рис. 3.25, *б*) або вентиляційні блоки-перегородки з похилими каналами (рис. 3.25, *в*).

Канали верхніх поверхів (до 4-х поверхів) об'єднують на горищі (технічному поверсі) в самостійну систему. В цих системах дотримуються співвідношення площі перерізу шахти і сумарної площі

перерізу всіх індивідуальних каналів, що входять в цю шахту: в системах з індивідуальними каналами їх сумарна площа повинна бути менша за площу перерізу збірного каналу чи шахти; в системах з похилими каналами і каналами-супутниками площа індивідуальних каналів може

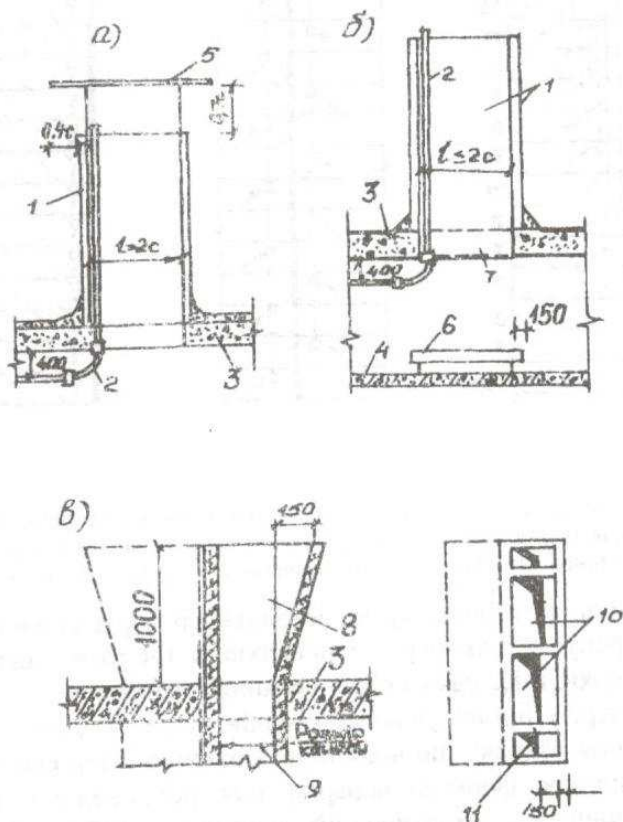


Рис. 3.24. Схема витяжної вентиляційної шахти
теплого горища:

a – з захисною плитою; *б* – з водозбірним піддоном; *в* – вихід вентиляційних каналів в тепле горище; 1 – викидна шахта; 2 – труба вентиляції каналізаційного стояка; 3 – панель покриття; 4 – панель горищного перекриття; 5 – захисна плита; 6 – водозбірний піддон; 7 – металевий фартух; 8 – вихід бетонних каналів на горище; 9 – вентиляційний канал; 10 – збірні канали з кухонь і санітарних вузлів; 11 – вентиляційні канали верхнього поверху; *c* – ширина отвору шахти

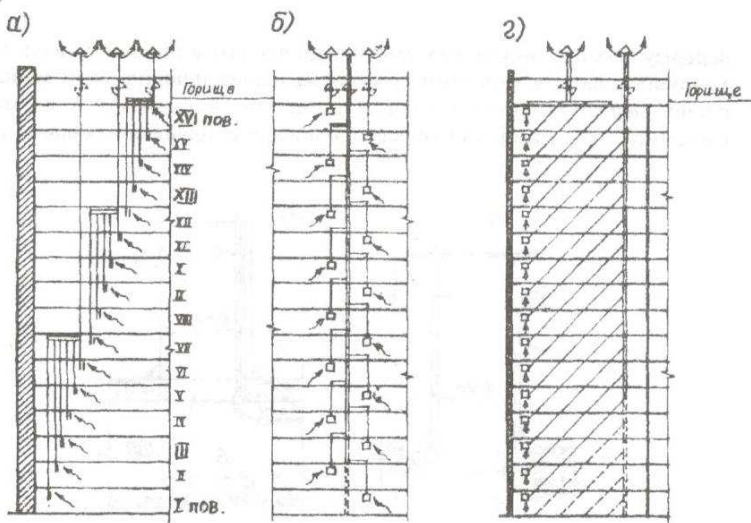


Рис. 3.25. Схеми вентиляції висотного житлового будинку:

а – індивідуальні канали в товщі стіни; *б* – вертикальні канали-супутники в бетонних блоках; *в* – похилі канали-супутники в бетонних блоках

перевищувати площу перерізу магістрального вертикального каналу в 1,7 рази з перепусканням через 5 поверхів, в 1,4 рази з перепусканням через два поверхи, в 1,2 рази з перепусканням через поверх.

Форма перерізу індивідуальних каналів може бути різною, зручною для прокладання і такою, що відповідає рішенням інтер'єру приміщення. Найраціональнішою формою перерізу повітропроводів є така, яка за однакової площі має мінімальний периметр, тобто круга, потім квадратна, прямокутна і т.д.

Конструктивні рішення повітророзподільних пристроїв можуть забезпечити такі види припливного струменя: вертикальний, похилий, горизонтальний, зосереджений або розсереджений, в'яльний, зустрічний тощо. Деякі конструктивні рішення повітророздавальних пристроїв для подавання припливного повітря в нижню зону приміщень зображені на рис. 3.26.

Повітророздавальний пристрій “клімадрант” (ФРН), конструктивно нагадує ежекційний доводчик, але без теплообмінника. Місцеве догрівання повітря здійснюється завдяки підмішуванню рециркуляційного повітря приміщення, яке ежектуються витікаючим з сопла струменем припливного повітря, що приготоване у припливній камері.

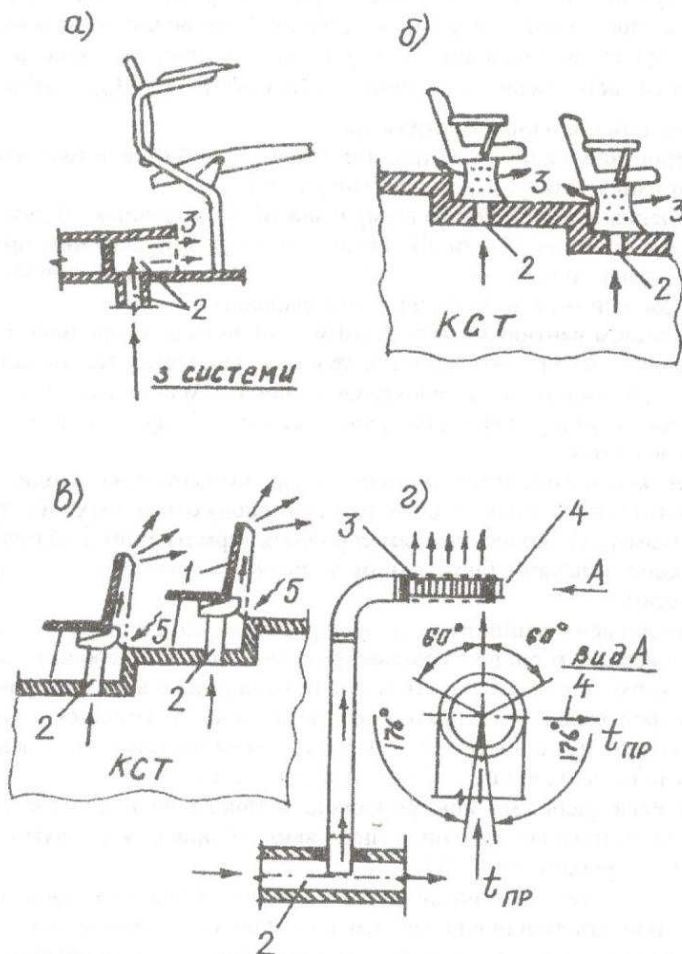


Рис. 3.26. Повітророздавальні пристрої для подавання повітря в нижню зону приміщення (повітря витікає з ґратки, перфорованих щілин, або пристрою типу "клімадрент"):

- а – під кріслами; б – через перфоровану стійку крісла; в – пристрій "клімадрент";
 2 – поворотний пристрій в зону дихання; 1 – крісло; 2 – припливний канал;
 3 – ґратка або перфорована щілина; 4 – сопло;
 5 – рециркуляційний пристрій; КСТ – камера статичного тиску

Застосування повітророзподільних пристроїв різного типу для різних напрямків припливного струменя дозволяє: змінювати інтенсивність перемішування припливного і внутрішнього повітря; збільшувати, зменшувати або зберігати різницю температур $t_b - t_{пр}$; змінювати далекобійність припливного струменя.

Повітророзподільні і повітрозабірні вентиляційні пристрої можуть бути виконані з металу, пластмаси, гіпсу тощо.

Зменшення вентиляційного шуму є важливим завданням. Відомо, що коли рівень шуму на 15...20 дБ перевищує допустимі значення, продуктивність праці знижується на 10...20%, збільшується виробничий травматизм, виникають професійні захворювання.

Шум систем вентиляції може бути механічного і аеродинамічного походження. Механічний шум створюється вібрацією вентиляційного агрегату (вентилятора з електродвигуном). Аеродинамічний шум пов'язаний з утворенням повітряних вихорів і пульсуючим рухом повітряного потоку.

Для зменшення вентиляційного шуму передбачають такі заходи:

- вентилятор з електродвигуном розташовують в окремих приміщеннях (камерах). Захищення камер роблять герметичним з облицюванням звукопоглиначами (акустичним тиньком, скловолокном, мінеральною повстю);
- камери вентиляційних установок розташовують в підвалах, технічних поверхах, горищах; можливе розташування в підсобному приміщенні поверху, що обслуговується, або безпосередньо в шумному цеху;
- віброізоляція вентиляторних агрегатів досягається завдяки застосуванню пружинних або гумових амортизаторів під основою агрегату та гнучких вставок до і після вентилятора;
- в магістральному повітропроводі встановлюють шумопоглиначі або шумопоглинальні камери, стінки яких облицюють шумопоглинальним матеріалом (рис. 3.27).

Для трубчастих шумопоглиначів всіх типорозмірів звукопоглинальну набивку роблять товщиною 100 мм і довжиною не менше ніж 1 м. В пластинчастих шумопоглиначах товщину крайніх звукопоглинальних пластин приймають, відповідно, 100 і 200 мм, а товщину середніх – у 2 рази більшою. Пластинчасті шумопоглиначі виготовляються одно-, дво- і триканальними з різними розмірами прохідного перерізу.

Під час вибору матеріалу для облицювання вентиляційних камер і повітропроводів перевагу необхідно надавати пористому матеріалу з наскрізними порами: матеріали з замкнутими порами (пінопласт, губка тощо) мають низький коефіцієнт звукопоглинання.

У деяких випадках, коли необхідно максимально зменшити шум або передавання вібраційних коливань на будівельні конструкції від вен-

тиляторних агрегатів, передбачають їх встановлення на віброізолюваному фундаменті (рис. 3.28).

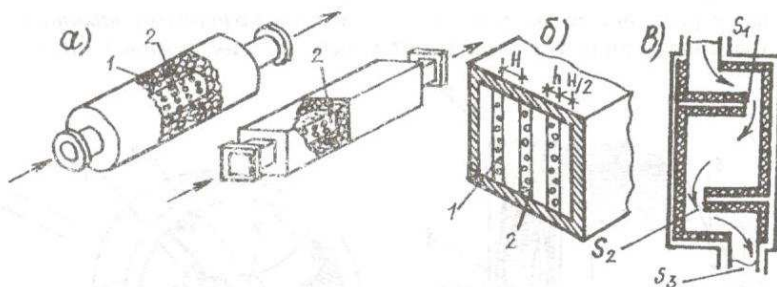


Рис. 3.27. Схеми поглиначів шуму:

a – трубчастий; *б* – пластинчастий; *в* – камерний; 1 – звукопоглинальний матеріал; 2 – сітка або перфорована сталева оболонка

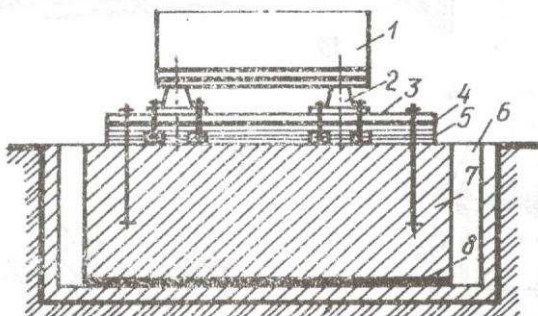


Рис. 3.28. Встановлення вентиляторного агрегату на віброізолюваному фундаменті:

1 – станина вентилятора; 2 – пружинний амортизатор; 3 – дошка;
 4 – гумова прокладка; 5 – брус; 6 – прямик; 7 – бетонний фундамент;
 8 – звукоізолювальна прокладка

В системах механічної вентиляції застосовують вентилятори низького тиску (НТ) (до 1 кПа), середнього тиску (СТ) (1...3 кПа) і високого тиску (ВТ) (3...12 кПа). Вентилятори НТ і СТ застосовують в СВ і СКП, а вентилятори ВТ – в технологічних установках.

Залежно від умов експлуатації вентилятори виготовляють у звичайному виконанні – для транспортування повітря та інших газових сумішей, що не містять липких речовин, волокнистих матеріалів з концентрацією твердих домішок не більше ніж 100 мг/м³, агресивність яких по відношенню до вуглецевих сталей звичайної якості не

перевищує агресивності повітря з температурою до 80°C; в *корозійно-стійкому виконанні* – для транспортування агресивних газових або газоповітряних сумішей з вмістом твердих домішок до 100 мг/м³ і температурою, що не перевищує 80°C; в *іскрозахищеному виконанні* – для транспортування горючих і вибухонебезпечних сумішей; *пилові* –

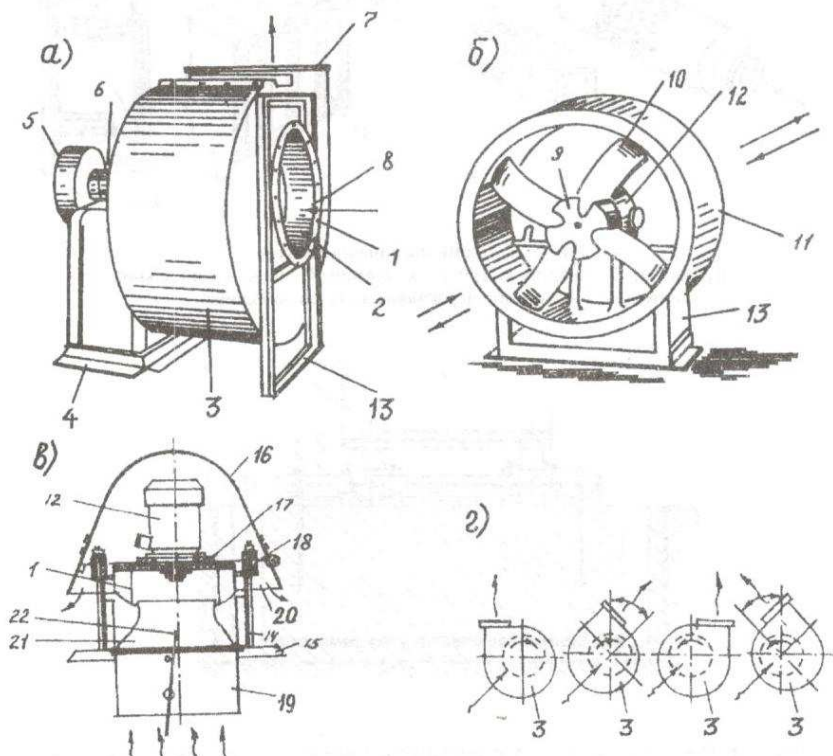


Рис. 3.29. Вентилятори:

- а – радіальний; б – осьовий; в – даховий відцентровий; г – варіанти встановлення кожуха радіального вентилятора правого і лівого виконання; 1 – робоче колесо; 2 – лопатки; 3 – спіральний кожух; 4 – станина; 5 – шків; 6 – вал; 7 – нагнітальний отвір; 8 – всмоктувальний отвір; 9 – втулка; 10 – лопатки робочого колеса; 11 – кожух; 12 – електродвигун; 13 – рама агрегату; 14 – амортизатор; 15 – диск кріплення; 16 – захисний ковпак від атмосферних осадів; 17 – опорний диск; 18 – амортизаційне кріплення; 19 – витяжна шахта; 20 – випуск повітря; 21 – вхідний дифузор; 22 – клапан

для транспортування газопилової чи повітрянопилової суміші з температурою до 80°C та запиленістю більше ніж 100 мг/м³ або

пневматичного транспортування сипких і волокнистих матеріалів; *теплостійкого виконання* – для транспортування повітря або газу з температурою 80...200°C.

На рис. 3.29, *а* зображений загальний вигляд радіального вентилятора. Лопаті колеса радіального вентилятора можуть бути загнуті вперед або загнуті назад. Найбільший тиск створюється при лопатях, які загнуті вперед, але більший ККД для лопатей, які загнуті назад (до того ж вони створюють менший шум). Радіальні вентилятори застосовують при втратах тиску в мережі більше 200 Па.

На рис. 3.29, *б* зображена конструкція осьового вентилятора, який складається з лопатевого колеса, що розташоване в циліндричному кожусі. Під час обертання колеса потік повітря проходить через вентилятор вздовж його осі. Осьові вентилятори застосовують для втрат тиску в мережі до 200 Па.

Номер радіального і осьового вентилятора свідчить про діаметр його робочого колеса у дециметрах (наприклад, вентилятор № 5 має робоче колесо діаметром 500 мм).

Вентилятори бувають правого виконання, коли їх колесо обертається за годинниковою стрілкою (якщо дивитись з боку всмоктування) і лівого обертання, коли колесо обертається проти годинникової стрілки (рис. 3.29, *з*).

Контрольні питання

1. В чому відмінність між вентиляцією і кондиціонуванням повітря?
2. Які вимоги ставляться щодо задоволення потреб людини в зовнішньому повітрі?
3. Як визначається необхідна кількість вентиляційного повітря? Що означає поняття “кратність повітрообміну”?
4. Охарактеризуйте особливості вентиляції житлових і громадських будинків.
5. Які завдання вирішує протипожежна вентиляція?
6. Під дією яких чинників відбувається організована природна вентиляція будинків?
7. Наведіть конструктивні особливості вентиляційних каналів і повітропроводів.
8. Як наближено визначити площу перерізу вентиляційних каналів?
9. Як класифікуються системи кондиціонування повітря?
10. Зобразіть і охарактеризуйте принципову схему центрального кондиціонера.
11. Які нагрівальні пристрої застосовуються в системах вентиляції?
12. Які пристрої використовуються для очищення від пилу припливного і викидного вентиляційного повітря?
13. Які вимоги ставляться до припливних вентиляційних камер? Назвіть основні конструктивні елементи припливних венткамер.
14. Які вимоги ставляться до витяжних венткамер? Назвіть основні конструктивні елементи витяжних венткамер.
15. Яке функціональне призначення і конструктивні особливості викидних шахт?
16. Викресліть схему вентиляції житлового будинку з теплим горіщем.

17. Викресліть схеми природної вентиляції висотного будинку.
18. Назвіть і охарактеризуйте повітророздавальні пристрої систем вентиляції і кондиціонування повітря.
19. Які заходи боротьби з шумом і вібрацією передбачаються в системах механічної вентиляції?
20. Які типи вентиляторів застосовуються в системах вентиляції?
21. Охарактеризуйте схеми підпору повітря в сходових приміщеннях житлових будинків.
22. Охарактеризуйте схеми взаємного розташування повітрязбірних і викидних отворів вентиляційних систем протидимового захисту.
23. Зобразіть схему встановлення вентиляційного агрегата на віброізолюваному фундаменті.
24. Зобразіть радіальний і осьовий вентилятори та охарактеризуйте ефективність їх роботи.

Розділ четвертий

ОПАЛЕННЯ БУДИНКІВ ТА СПОРУД

Система опалення (обігрівання) призначена для штучного підтримання необхідної температури у приміщенні на більш високому, рівні, ніж температура зовнішнього повітря.

Система опалення складається з таких основних елементів: генератора теплоти, теплопроводів і нагрівальних приладів.

Теплогенератором системи опалення (СО) може бути: опалювальний котельний агрегат, в якому спалюється паливо, а теплота, яка виділяється під час цього, передається теплоносію; будь-який теплообмінний апарат, теплоносій якого відрізняється від теплоносія системи опалення.

Системи опалення класифікуються:

- за взаємним розташуванням основних елементів – **центральні і місцеві** (печі, електронагрівники тощо). **Центральними** називають системи опалення декількох приміщень з одного теплового пункту, в якому знаходиться теплогенератор;

- за видом теплоносія – **водяні, парові, повітряні і комбіновані** (пароводяні, паровітряні тощо);

- за способом забезпечення руху теплоносія – системи з **природною** циркуляцією (завдяки різниці густини холодного і гарячого теплоносія) і **механічним** спонуканням (завдяки роботі насоса);

- за параметрами теплоносія: **водяні низькотемпературні** (температура води до 100° С); **водяні високотемпературні** (температура води більше 100°С); **парові системи низького** (0,1...0,17 МПа), **високого** (0,17...0,3 МПа) **тиску і вакуум-парові** ($\leq 0,1$ МПа).

Нині частіше застосовують такі види опалення: водяне, парове, повітряне, панельно-променеве, електричне, газове і пічне. *Переваги систем водяного опалення:* можливість підтримання помірної температури на поверхні нагрівальних приладів, що виключає пригорання на них пилу; простота центрального регулювання тепловіддачі нагрівальних приладів зміною температури води залежно від температури зовнішнього повітря (якісне регулювання); безшумність роботи і простота обслуговування.

Недоліки систем водяного опалення: великий гідростатичний напір в нижній частині систем; небезпека замерзання води у випадку аварії.

Переваги систем парового опалення: висока тепловіддача нагрівальних приладів; менша витрата металу на труби і нагрівальні прилади порівняно з водяними СО; менша небезпека замерзання; можливість транспортування пари на значні відстані як горизонтально, так і вертикально, без застосування механічної енергії.

Недоліки систем парового опалення: висока температура на поверхні труб і нагрівальних приладів; неможливість гнучкого центрального якісного регулювання тепловіддачі нагрівальних приладів, тому регулювання виконують періодичним включенням і виключенням системи; значні теплові напруження і деформація системи; підвищена корозія труб; складні в експлуатації.

Переваги центральних систем повітряного опалення: суміщення з системою припливної вентиляції; відсутність в опалюваному приміщенні нагрівальних приладів; відсутність теплової інерції, тобто раптовий тепловий ефект під час включення систем; центральне якісне регулювання.

Недоліки центральних систем повітряного опалення: великі перерізи повітропроводів; значні тепловтрати при прокладанні магістральних повітропроводів в неопалюваних приміщеннях.

Переваги систем електричного опалення: високий рівень надійності та індустріальності; гнучкість управління; компактність нагрівальних приладів; високий коефіцієнт корисної дії; значні можливості щодо створення комфортних гігієнічних умов у приміщеннях різної площі і висоти.

Недоліки систем електричного опалення: висока вартість електроенергії та її дефіцит, а також пожежонебезпека.

Переваги газового опалення: висока теплота спалювання; сприятливі умови для автоматизації процесів спалювання; зручність обслуговування.

Недоліки газового опалення: вибухо- і пожежонебезпека; можливість отруєння людей під час витікання газу з газопроводу.

4.1. НАГРІВАЛЬНІ ПРИЛАДИ СИСТЕМ ОПАЛЕННЯ

Нагрівальні прилади СО повинні відповідати теплотехнічним, санітарно-гігієнічним, техніко-економічним, архітектурно-будівельним і монтажним вимогам.

Теплотехнічні вимоги полягають у тому, що нагрівальні прилади повинні добре передавати теплову енергію від теплоносія до повітря опалюваного приміщення. Коефіцієнт теплопередачі сучасних нагрівальних приладів 4,5...17 Вт/(м²·К).

Санітарно-гігієнічні вимоги полягають в тому, щоб поверхня нагрівальних приладів була доступною для видалення пилу.

Техніко-економічні вимоги – мала маса і вартість приладу, незначні габарити при розвиненій поверхні нагрівання, секційність.

Архітектурно-будівельні вимоги – нагрівальний прилад повинен гармоніювати з інтер'єром приміщення, займати якомога менше корисної площі опалюваного приміщення.

Монтажні вимоги полягають у зручності монтажу і безпеці експлуатації.

Нагрівальні прилади СО поділяють: *за способом тепловіддачі* – на **радіаційні** (підвісні панелі), **конвективно-радіаційні** (з гладкою зовнішньою поверхнею); *за видом матеріалу* – на **металеві**, **малометалеві** (комбіновані) і **неметалеві** (керамічні радіатори, бетонні панелі тощо); *за характером зовнішньої поверхні* – на **гладкі** (радіатори, панелі, гладко-трубні прилади) і **оребрені** (конвектори, калорифери, ребристі труби).

Промисловість виготовляє секційні і блокові чавунні, а також сталеві штамповані радіатори. Секційні радіатори збирають з окремих секцій, блокові – з блоків в дві-чотири секції. Найчастіше застосовують двоканальні секції, оскільки вони відповідають санітарно-гігієнічним та іншим вимогам.

Окремі секції або блоки чавунних радіаторів з'єднують між собою ніпелями з ковкого чавуну, які мають зовнішню праву і ліву трубну різь і два внутрішні виступи для лопаткового ключа. Для ущільнення стиків між секціями застосовують прокладки з пароніту або термостійкої гуми.

Найчастіше використовують двоколонні чавунні радіатори МС-140, МС-90, М-90; повна висота радіаторів 582...588 мм, будівельна глибина 140 мм і будівельна довжина секції 98...108 мм.

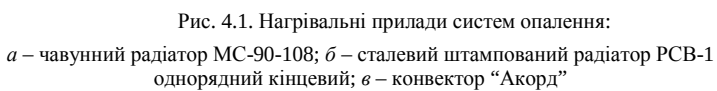
Радіатори МС-140 і МС-90 (рис. 4.1, а) розраховані на надлишковий тиск теплоносія до 0,9 МПа, а всі інші чавунні радіатори – до 0,6 МПа. У всіх перелічених радіаторів відсутнє міжколонне оребрення.

Виробництво чавунних радіаторів вимагає значної витрати металу; вони працюють у виготовленні і монтажу. Тому їх виробництво буде скорочуватись, а зростатиме випуск нагрівальних приладів зі сталі, алюмінію і його сплавів.

В останні роки широко застосовують конвектори – нагрівальні прилади, які передають теплоту переважно конвективним шляхом.

Конвектор “Акорд” (рис. 4.1, в) призначений для систем опалення житлових, громадських і виробничих будинків з температурою теплоносія до 150°C і тиском до 1 МПа. Конвектор “Акорд” складається з двох електрозварних труб діаметром 20 мм і П-подібних пластин оребрення. Промисловість випускає вісім типорозмірів конвекторів (прохідних і кінцевих) в одно- і дворядному виконанні. Висота конвекторів 300 мм (однорядного) і 645 мм (дворядного).

Конвектор з кожухом підлоговий низький “Ритм” і конвектор острівний високого типу КВ використовують для опалення громадських і виробничих приміщень. Конвектори типу “Прогрес” і “Комфорт” призначені для житлових, громадських і промислових будинків. Конвектори з кожухом типу “Універсал” перекивають не менше 60%



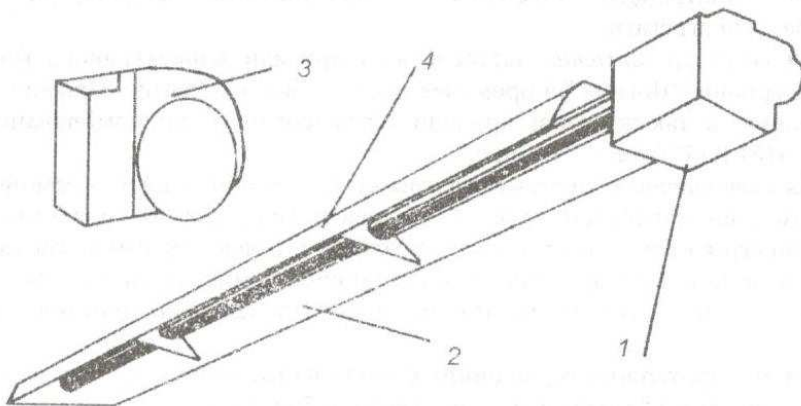


Рис. 4.2. Газовий нагрівник інфрачервоного випромінювання типу “HELIOS”:

1 – газований паливник (природний газ, пропан-бутан); 2 – випромінювальна труба;
3 – димосмокть для відведення продуктів спалювання; 4 – тепловідбивальні екрани

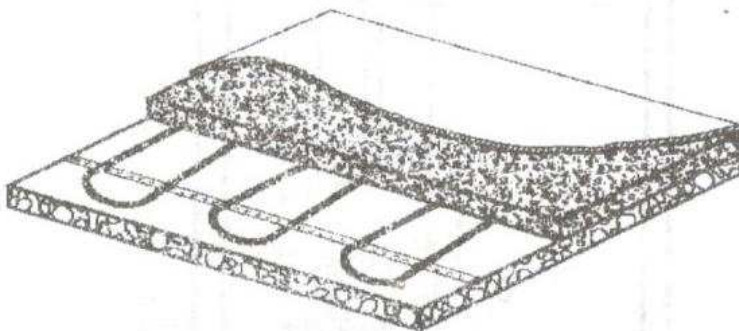


Рис. 4.3. Нагрівальний кабель “DTIP-18”, двожилийний, екранований,
для бетонних підлог, розтавання снігу та льоду
на зовнішніх майданчиках, дахах і ринвах

довжини підвіконника, що дозволяє нейтралізувати спадаючі з вікон холодні потоки повітря. Регулювання теплового потоку конвекторів “Універсал” відбувається повітряним клапаном.

Чавунні ребристі труби виготовляються довжиною 0,5; 0,75; 1,0; 1,5 і 2 м з круглими ребрами і поверхнею нагрівання 1; 1,5; 2; 3 і 4 м².

Нагрівальна бетонна панель – це зміювик або реєстр зі сталевих труб діаметром 15 або 20 мм, який забетонований в плоску бетонну

плиту товщиною 40...50 мм. Панелі бувають підвіконними, стельовими, підлоговими і стіновими.

Для повітряного опалення використовують калорифери і опалювальні агрегати.

Для *газового опалення* застосовують прилади конвективного (повітрянагрівник “Вогник”) і променево-конвективного (камін “Промінь”) нагрівання, а також газові прилади інфрачервоного випромінювання (типу “HELIOS” (рис. 4.2)) тощо.

Для *електричного опалення* застосовують бетонні панелі з замоноличеним електрокабелем (рис. 4.3), електropечі, електроконвектори, електронагрівники з відкритими спіралями і рефлекторами-відбивниками, рулони струмопровідної гуми (гранична температура нагрівання 40°C), які наклеюють на внутрішній поверхні захищень приміщення тощо.

Для електротеплоаккумуляційних систем застосовують прилади типу “Етап”, які здатні “заряджатись” протягом доби (рис. 4.4).

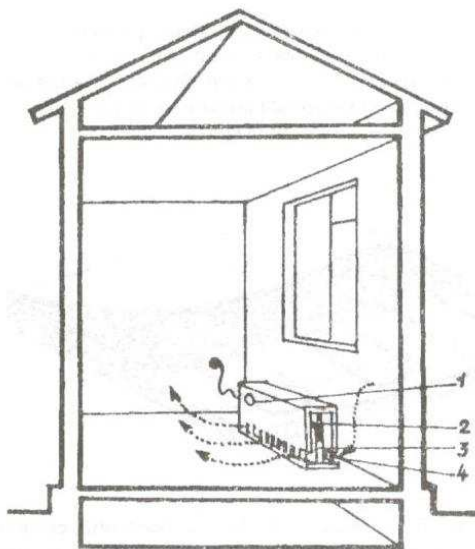


Рис. 4.4. Електротеплоаккумуляційна піч:

- 1 – терморегулятор; 2 – електронагрівальний елемент;
3 – теплоаккумулятивна маса; 4 – теплоізоляція

Нагрівальні прилади систем опалення розміщують у нижній зоні приміщення вздовж зовнішніх захищень переважно під світловими прорізами. З метою зменшення виступу приладів у приміщення в стіні

передбачають ніші глибиною до 130 мм.

У приміщеннях з короткочасним перебуванням людей або, у яких робочі місця віддалені від зовнішніх захищень, нагрівальні прилади допускається встановлювати біля внутрішніх захищень.

Під час вибору типу нагрівальних приладів потрібно враховувати: призначення будинку і архітектурно-планувальні рішення його приміщень; тип систем опалення; вид і параметри теплоносія; техніко-економічну доцільність. Деякі рекомендації з вибору нагрівальних приладів наведені в табл. 4.1.

Таблиця 4.1

**Рекомендовані нагрівальні прилади залежно
від призначення приміщення**

Приміщення	Рекомендовані типи нагрівальних приладів
Житлових і громадсько-адміністративних будинків	Радіатори, конвектори, панелі
Дитячих закладів і лікарень	Радіатори, панелі
Промислових будинків:	
без виділення пилу	Радіатори, конвектори, панелі, ребристі труби
з виділенням пилу	Радіатори, панелі, гладкі труби
Адміністративно-побутових будинків	Радіатори, конвектори, панелі, ребристі труби, гладкі труби

У сходових приміщеннях нагрівальні прилади встановлюють в нижній або підвальній частині. Не допускається встановлення нагрівальних приладів в перших входних тамбурах, а також біля входних одинарних дверей. Нагрівальні прилади не повинні виступати з площини стін на рівні руху людей і скорочувати ширину маршів та майданчиків. Сходові приміщення п'ятиповерхових будинків і вище рекомендується опалювати повітрянагрівниками конвективного типу (оребрені чавунні труби, конвектори), які приєднують до трубопроводу високо-температурної води.

У приміщеннях значної висоти при наявності ліхтарів або другого ярусу вікон інколи 1/3...1/4 нагрівальних приладів встановлюють у верхній зоні приміщення, що пов'язано з запобіганням утворення конденсату на захисних конструкціях.

Нагрівальні прилади не потрібно заставляти меблями, оскільки це знижує їхню тепловіддачу і затруднює очищення їх від пилу.

Декоративні екрани (гратки) допускається передбачати біля нагрівальних приладів (крім конвекторів з кожухами) в громадських будин-

ках, забезпечуючи доступ до нагрівальних приладів для їх очищення від пилу.

Фарбування нагрівальних приладів у світлі кольори олійною фарбою зменшує тепловіддачу на 1...2%, алюмінієвою фарбою – до 2,5%, для пофарбованих в темні тони приладів теплопередача збільшується на 3...5%.

Нагрівальні прилади приєднують до стояків СО, загалом за односторонньою схемою, яка дозволяє уніфікувати трубні вузли обв'язування нагрівальних приладів, спростити монтаж, що важливо для будинків масової забудови.

У ванних кімнатах і побутових приміщеннях, в яких змійовики для висушування рушників не приєднані до систем гарячого водопостачання, то їх необхідно приєднати до систем опалення.

4.2. ВИЗНАЧЕННЯ ПЛОЩІ ПОВЕРХНІ І КІЛЬКОСТІ ЕЛЕМЕНТІВ НАГРІВАЛЬНИХ ПРИЛАДІВ ВОДЯНИХ СИСТЕМ ОПАЛЕННЯ

Для визначення розрахункової поверхні нагрівальних приладів F_p насамперед необхідно визначити величину теплового потоку нагрівального приладу $q_{пр}$, яка передається від теплоносія в навколишнє середовище через 1 м² площі поверхні приладу:

$$q_{пр} = q_{ном} \cdot \left(\frac{\Delta t_{сер}}{70} \right)^{1+n} \cdot \left(\frac{G_{пр}}{0,1} \right)^p \cdot c_{пр} \cdot \frac{W_T}{M^2}, \quad (4.1)$$

де $q_{ном}$ – номінальна густина теплового потоку нагрівального приладу для стандартних умов роботи (стандартний середній температурний напір $\Delta t_{сер}^{ст} = 70$ °С, стандартна витрата води у приладі $G_{пр}^{ст} = 0,1$ кг/с, атмосферний тиск $p_6 = 1013,3$ гПа), Вт/м²; $\Delta t_{сер}$ – середній температурний напір, °С; $G_{пр}$ – дійсна витрата води в нагрівальному приладі, кг/с; n, p – експериментальні показники; $c_{пр}$ – коефіцієнт, який враховує схему приєднання нагрівального приладу і зміну величини p в різних межах витрат теплоносія (довідкові дані).

Середній температурний напір визначають за формулою:

$$\Delta t_{сер} = \frac{t_{вх} + t_{вих}}{2} - t_{в}, \text{ °С}, \quad (4.2)$$

де $t_{вх}$, $t_{вих}$, $t_{в}$ – відповідно, температура води на вході в нагрівальний прилад і виході з нього і температура внутрішнього повітря приміщення, °С

Дійсну витрату води в нагрівальному приладі розраховують за

формулою:

$$G_{\text{пр}} = \frac{Q_{\text{пр}}}{c \cdot (t_{\text{вх}} - t_{\text{вих}})}, \text{ кг/с}, \quad (4.3)$$

де $Q_{\text{пр}}$ – теплопродуктивність приладу, кВт; c – питома теплоємність води, кДж/(кг·К).

Без врахування тепловіддачі труб необхідне значення F_p визначають за формулою:

$$F_p = \frac{Q_{\text{пр}}}{q_{\text{пр}}} \cdot \beta_1 \cdot \beta_2, \text{ м}^2, \quad (4.4)$$

де β_1 – коефіцієнт, який враховує додатковий тепловий потік (таблична величина); β_2 – коефіцієнт додаткових втрат теплоти нагрівального приладу (таблична величина).

Таблиця 4.2

Основні технічні дані чавунних секційних радіаторів

Тип радіатора	Площа поверхні нагріву секцій, м ²	Номінальна густина теплового потоку $q_{\text{ном}}$, Вт/м ²	Схема приєднання	Витрата теплоносія через прилад $G_{\text{пр}}$, кг/с	Показники степеня і коефіцієнт		
					n	p	$c_{\text{пр}}$
МС-140-108	0,244	758	зверху униз	0,005...0,014	0,3	0,02	1,039
МС-140-98	0,240	725		0,015...0,149	0,3	0	1
МС-90-108	0,187	802		0,15...0,25	0,3	0,01	0,996
М-90	0,2	700					

Розрахункову кількість секцій чавунних радіаторів визначають за формулою:

$$n_p = \frac{F_p \cdot \beta_4}{f_1 \cdot \beta_3}, \text{ шт}, \quad (4.5)$$

де f_1 – площа поверхні однієї секції, м²; β_4 – коефіцієнт, який враховує спосіб встановлення радіатора у приміщенні (таблична величина (рис. 4.5)); β_3 – коефіцієнт, який залежить від кількості секцій у радіаторної батареї (печі).

$$\beta_3 = 0,92 + \frac{0,16}{F_p}. \quad (4.6)$$

Як правило, до встановлення приймають найближчу заокруглену кількість секцій радіатора.

Таблиця 4.3

Значення коефіцієнта β_1

Крок номенклатурного ряду нагрівального приладу, кВт	β_1
0,12	1,02
0,15	1,03
0,18	1,04
0,21	1,06
0,24	1,08
0,3	1,13

Таблиця 4.4

Значення коефіцієнта β_2

Тип приладу	Значення β_2 для встановлення приладу	
	біля зовнішньої стіни, в тому числі під світловим прорізом	біля світлового прорізу
Радіатор чавунний секційний	1,02	1,07

Приклад 4.1. Визначити кількість секцій чавунного радіатора МС-140-108 двотрубного стояка системи опалення з розрахунковим перепадом температур $t_{\text{вх}} = 80^\circ\text{C}$ і $t_{\text{вих}} = 60^\circ\text{C}$. Теплове навантаження радіатора $Q_{\text{пр}} = 470$ Вт, а розрахункова температура внутрішнього повітря приміщення $t_{\text{в}} = 20^\circ\text{C}$.

Р о з в ' я з у в а н н я .

Визначаємо розрахункову витрату теплоносія (води) через нагрівальний прилад:

$$G_{\text{пр}} = 0,863 \cdot \frac{Q_{\text{пр}}}{\Delta t_{\text{пр}}} = 0,863 \cdot \frac{Q_{\text{пр}}}{t_{\text{вх}} - t_{\text{вих}}} = 0,863 \cdot \frac{470}{80 - 60} = 20,3 \text{ кг/год} = 0,00563 \text{ кг/с}.$$

Визначаємо розрахункову густину теплового потоку нагрівального приладу:

$$q_{\text{пр}} = q_{\text{ном}} \cdot \left(\frac{\Delta t_{\text{сер}}}{70} \right)^{1+n} \cdot \left(\frac{G_{\text{пр}}}{0,1} \right)^p \cdot c_{\text{пр}}, \text{ Вт/м}^2,$$

де $q_{\text{ном}} = 758 \text{ Вт/м}^2$ (дод. 24) або [28] – номінальна густина теплового потоку нагрівального приладу при стандартних умовах; $n = 0,3$; $p = 0,02$; $c_{\text{пр}} = 1,039$ (дод. 24) або

[28]; $\Delta t_{\text{сер}}$ – середній температурний напір, який становить:

$$\Delta t_{\text{сер}} = \frac{t_{\text{вх}} + t_{\text{вих}}}{2} - t_{\text{в}} = \frac{80 + 60}{2} - 20 = 50 \text{ } ^\circ\text{C}.$$

$$q_{\text{пр}} = 758 \cdot \left(\frac{50}{70}\right)^{1+0,3} \cdot \left(\frac{0,00563}{0,1}\right)^{0,02} \cdot 1,039 = 480 \text{ Вт/м}^2.$$

Розрахункова поверхня нагрівання приладу без врахування тепловіддачі труб становить:

$$F_{\text{р}} = \frac{Q_{\text{пр}}}{q_{\text{пр}}} = \frac{470}{480} = 0,980 \text{ м}^2,$$

де β_1 і β_2 прийняті рівними 1.

Розрахункове число секцій визначаємо за формулою:

$$n_{\text{р}} = \frac{F_{\text{р}}}{f_1} \cdot \frac{\beta_4}{\beta_3},$$

де $f_1 = 0,244 \text{ м}^2$ (дод. 24) [28] – площа поверхні нагрівання однієї секції; $\beta_4 = 1,05$ (дод. 29) або [28] – при встановленні приладу у підвіконній ніші; $\beta_3 = 1$ (дод. 28) або [28].

$$n_{\text{р}} = \frac{0,980}{0,244} \cdot \frac{1,05}{1} = 4,22.$$

Приймаємо 4-х секційну радіаторну батарею.

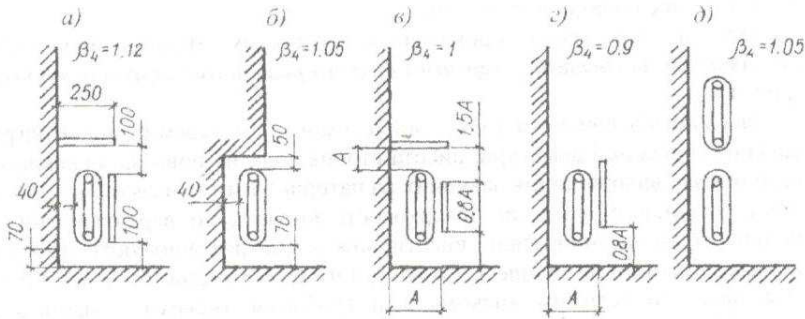


Рис. 4.5. Способи встановлення нагрівальних приладів

4.3. СИСТЕМИ ВОДЯНОГО ОПАЛЕННЯ

Водяне опалення – це система замкнутих контурів. Принципова схема системи зображена на рис. 4.6.

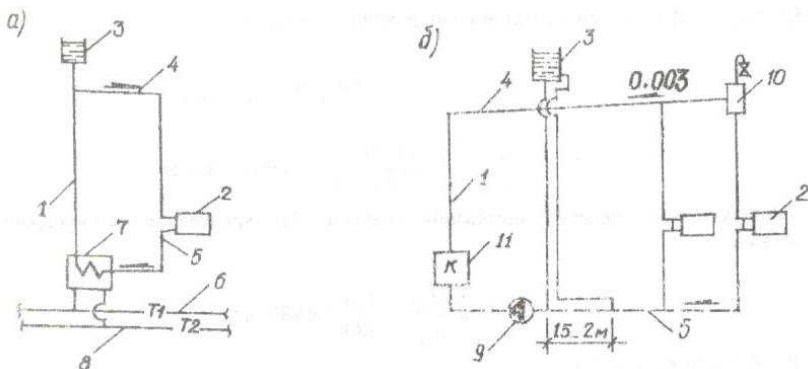


Рис. 4.6. Принципова схема водяного опалення з розширювальним баком атмосферного типу і природною (а) та насосною (б) циркуляцією:

1 – головний стояк; 2 – нагрівальний прилад; 3 – розширювальний бак; 4 – подавальний розвідний трубопровід; 5 – зворотний розвідний трубопровід; 6 – подавальний трубопровід тепломережі; 7 – теплообмінник; 8 – зворотний трубопровід тепломережі; 9 – циркуляційний насос; 10 – вертикальний повітрязбірник; 11 – котел

Залежно від схеми з'єднання труб стояків з нагрівальними приладами системи водяного опалення поділяють на *двотрубні* (нагрівальні прилади за ходом руху охолодженого теплоносія з'єднують паралельно, рис. 4.7, а) і *однотрубні* (нагрівальні прилади за ходом руху теплоносія з'єднують послідовно, рис. 4.7, б).

Залежно від місця прокладання розвідних трубопроводів СО поділяються на *системи з верхнім і нижнім розвідними трубопроводами* (рис. 4.8).

Залежно від робочого тиску, допустимого для окремих видів нагрівальних приладів і арматури, висота стовпа води не повинна перевищувати під час використання чавунних радіаторів 55 м і конвекторів – 90 м. Тому будинки підвищеної поверховості зонують по вертикалі, тобто поділяють на частини певної висоти, між якими розташовують технічні поверхи висотою не менше 1,9 м (рис. 4.9). Висота зони (55 м або 90 м) зумовлена допустимим тиском води (робочим тиском) у найнижче розташованих приладах цієї зони. У межах однієї зони систему влаштовують за незалежною схемою, тобто система має власний теплообмінник, циркуляційний або підживлювальний насоси, розширювальний бак. Все обладнання і розвідні трубопроводи розташовують на технічних поверхах. Принципові схеми водяного опалення багатоповислового і висотного будинків зображені відповідно на рис. 4.9 і 4.10.

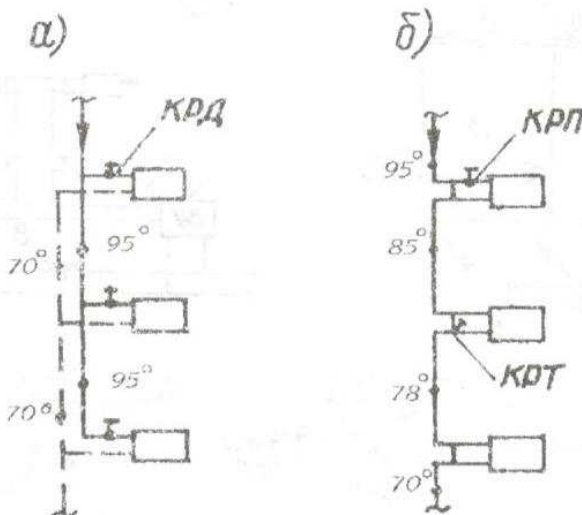


Рис. 4.7. Схеми вертикальних стояків системи опалення:

а – двотрубного; *б* – однотрубного;

КРД – кран регулювальний двоходовий; *КРП* – кран регулювальний прохідний;

КРТ – кран регулювальний триходовий

Висота будинку з водяними теплообмінниками не повинна перевищувати 150...160 м. У такому будинку можуть бути встановлені дві з конвекторами (висотою 75...80 м) або три з радіаторами (висотою по 50...55 м) зональні системи опалення. В будинках висотою 160...250 м застосовують комбіноване опалення: для нижніх 160 м передбачають водоводяні теплообмінники; для зон вище 160 м передбачають пароводяні теплообмінники. Теплоносій (пара) характеризується малим гідростатичним тиском і подається як первинний теплоносій на верхні технічні поверхи, в яких передбачають теплові пункти з пароводяними теплообмінниками.

Металеві трубопроводи систем опалення прокладають переважно відкрито; потайне прокладання (у штрабі) повинно бути обґрунтоване і передбачене, наприклад, для приміщень, до яких ставляться підвищені санітарно-гігієнічні і естетичні вимоги. Щоб запобігти руху повітря в штрабі, який викликає додаткові тепловтрати труб і який може бути небезпечним у випадку виникнення пожежі, у площині міжповерхових перекриттів передбачають горизонтальні перетинки.

Пластикові трубопроводи СО прокладають приховано.

Труби, які проходять через перекриття, внутрішні стіни і перегородки, прокладають в гільзах з обрізків труб з зазором 10...15 мм, щоб забезпечити їх вільне переміщення під час температурного розширення.

Якщо стояки і підводки до приладів прокладають відкрито, то відстань від поверхні тиньку до стінки труби повинна бути 20...30 мм.

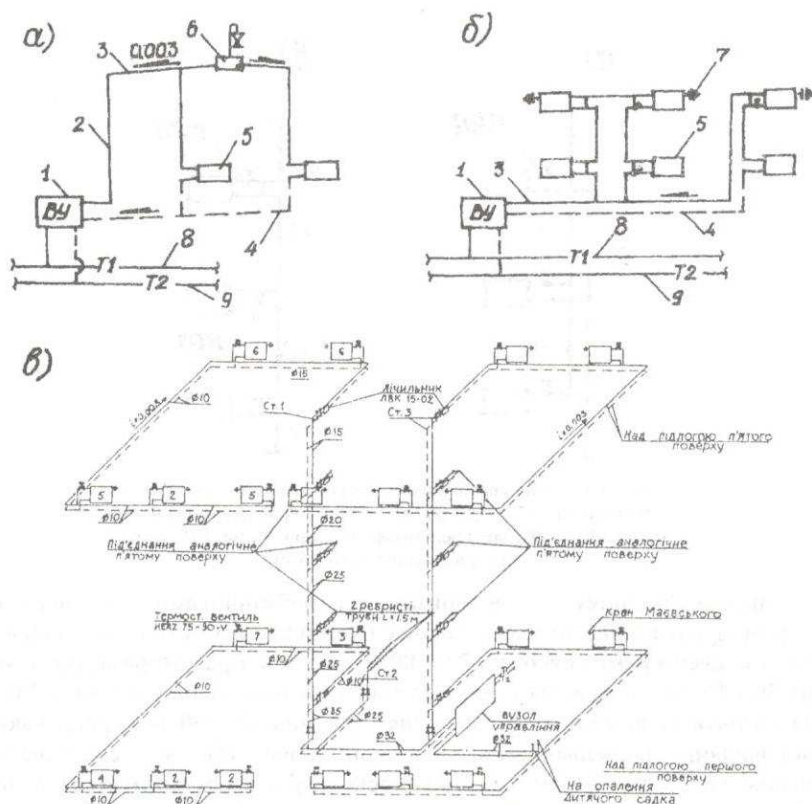


Рис. 4.8. Схеми систем опалення, поєднаних з тепломережею, з подавальним верхнім розвідним трубопроводом (а) і з подавальним нижнім розвідним трубопроводом (б, в):

- 1 – вузол управління (місцевий тепловий пункт); 2 – головний стояк;
- 3 – подавальний розвідний трубопровід; 4 – збірний трубопровід охолодженої води;
- 5 – нагрівальний прилад; 6 – горизонтальний протічний повітрозбірник;
- 7 – голчастий кран для випускання повітря (кран Масвського);
- 8 – подавальний трубопровід тепломережі; 9 – зворотний трубопровід тепломережі

Розвідні трубопроводи прокладають на горищі, у підвалі (підпільному каналі), на технічному поверсі, під стелею верхнього поверху або над підлогою першого поверху.

У будинках висотою до 3-х поверхів арматуру для відключення на стояках не передбачають.

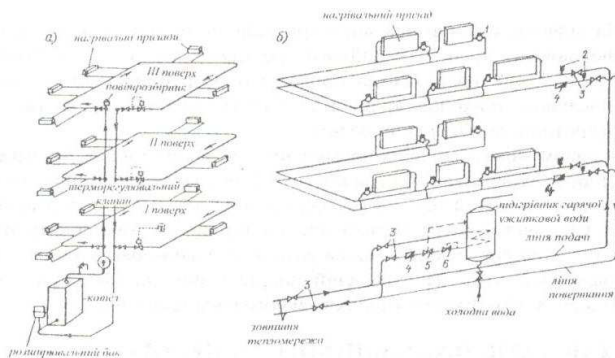


Рис. 4.9. Схеми поквартирного опалення багатоповерхових будинків:

a – центральної з приєднанням до котельної установки;

б – централізованої з приєднанням до тепломережі;

1 – термостатичний вентиль; 2 – термометр; 3 – кран; 4 – тепломір;

5 – регулятор температури; 6 – обмежник температури

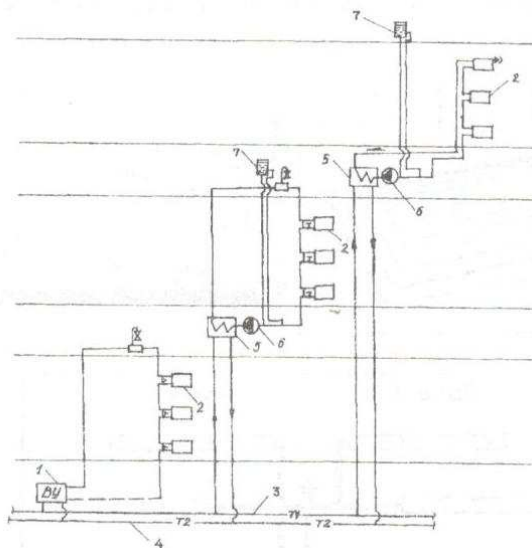


Рис. 4.10. Принципова схема опалення висотного будинку, поєднаного з тепломережею:

1 – вузол управління (елеваторний вузол); 2 – нагрівальний прилад;

3 – подавальний трубопровід тепломережі; 4 – зворотний трубопровід тепломережі;

5 – водяний теплообмінник; 6 – циркуляційний насос;

7 – розширювальний бак атмосферного типу

На підводках до нагрівальних приладів двотрубних систем опалення встановлюють крани подвійного регулювання типу КРДШ або “ТЕРМІС”. На підводках до приладів однокрубних систем опалення встановлюють триходові крани типу КРТП і прохідні крани типу КРП (з поворотною засувкою і шиберні).

У допоміжних, сходових приміщеннях та інших місцях, які небезпечні відносно замерзання води, арматуру на підводках не встановлюють.

Розширювальний бак атмосферного типу встановлюють у найвищій точці СО, звичайно на горищі або у верхньому технічному поверсі будинку. При відсутності горища розширювальний бак встановлюють у спеціальному боксі на суміщеній покрівлі або під стелею сходового приміщення. Поверхню розширювального бака теплоізолюють.

4.4. СИСТЕМИ ПАНЕЛЬНО-ПРОМЕНЕВОГО ОПАЛЕННЯ

У системах панельно-променевого опалення поверхнями нагрівання використовують штучно-нагріті поверхні стіни, підлоги (рис. 4.11), стелі або панелі приставного і підвісного типу (рис. 4.2). У перелічені конструкції заробляють металеві чи пластмасові труби невеликого діаметра, електричний кабель або влаштовують повітропроводи.

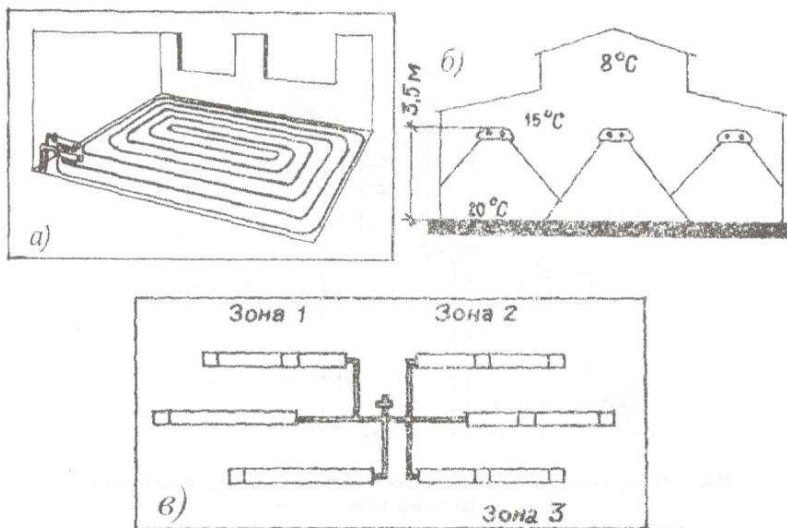


Рис. 4.11. Схеми систем панельно-променевого опалення:

- a* – підлогового з умонтуванням пластмасових труб;
- б, в* – з використанням підвісних випромінників

Для такого опалення температура внутрішніх поверхонь захисних конструкцій на 2...4 °С вища, ніж для інших способів опалення, зменшується тепловіддача людини випромінюванням, що дозволяє на 2...3 °С знизити температуру повітря у приміщенні (15...16°С замість 18°С). Помірний і рівномірний вплив променевої теплоти на людей для зменшеної власної тепловіддачі випромінюванням і для дещо зниженої температури внутрішнього повітря покращує мікроклімат приміщення і, відповідно, самопочуття людини.

Як теплоносії в системах опалення переважно застосовують низькотемпературну воду, що підвищує економічну доцільність застосування таких СО. Ці системи мають і інші техніко-економічні переваги: вбудовані або суміщені з будівельними конструкціями нагрівальні панелі підвищують індустріальність будівництва, економлять корисну площу приміщень і покращують їхній інтер'єр; знижують металомісткість системи, затрати на монтаж; збільшують конструктивні можливості для створення комфортних умов у приміщеннях різної площі і висоти.

Недоліки панельно-променевого опалення: значна теплова інерція систем, що ускладнює регулювання тепловіддачі панелей; складність ремонту і заміни окремих елементів системи.

Панельні СО звичайно застосовують в житлових, культурно-побутових і сільськогосподарських будинках. Допустима середня температура поверхні: підвіконних панелей – до 95°С; стінових панелей в зоні вище 1 м над рівнем підлоги – 45°С; стелі при висоті приміщення до 3 м – 30°С; підлоги – 25...28°С.

Якщо нагрівальні елементи замонітують в зовнішні стіни, зокрема у підвіконники, то їх необхідно добре ізолювати з боку стіни, щоб уникнути значних втрат теплоти.

СО підлогового типу (приклад 2) найдоцільніша для приміщень значного об'єму, наприклад, храмів, вокзалів, аеропортів, ангарів, виставкових павільйонів, спортивних залів, дитячих закладів, басейнів тощо. При цьому будинок можна повністю опалювати підлогою, а в деяких випадках в ньому можуть бути і інші нагрівальні прилади (радіатори, конвектори, стельові і стінові панелі). Такий спосіб опалення можна рекомендувати для житлових і громадських будинків (дитячих садків-ясель, лікувально-профілактичних установ, бань тощо), з провітрюваними підпіллями.

У зарубіжній практиці панельне опалення підлогового типу (допустима температура поверхні підлоги $\leq 28^{\circ}\text{C}$) використовують як під час будівництва, так і реконструкції, модернізації і капітальному ремонту будинків різного призначення. Для цього застосовують металеві або пластмасові труби, які укладають на спеціальні теплоізоляційні панелі. Панельне опалення підлогового типу з пластмасових або багат шарових

труб можна монтувати на бетонних і дерев'яних підлогах. Допустима температура води до 95 °С, допустимий робочий тиск до 1 МПа. Монтажна відстань між трубами зміювика або регістра – 138, 250 і 275 мм.

Приклад розрахунку панельного опалення підлогового типу наведений нижче.

Приклад 4.2. Виконати тепловий розрахунок підлогового опалення приміщення. Вихідні дані для розрахунку: площа приміщення $F_{\text{пр}} = 110 \text{ м}^2$; тепловтрати приміщення $Q_{\text{пр}} = 8100 \text{ Вт}$; температура внутрішнього повітря $t_{\text{в}} = 18 \text{ °С}$; приміщення – ігрова кімната дитячого садка; покриття підлоги – тонкий паркет ($\delta = 0,01 \text{ м}$); конструкція підлоги зображена на рис. 4.12.

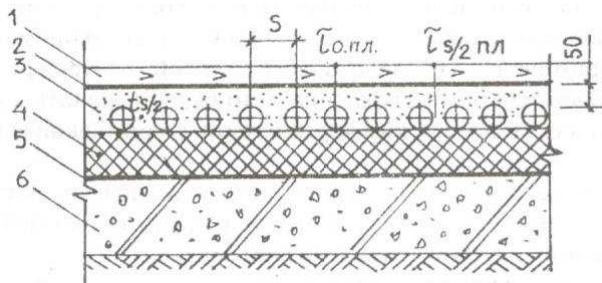


Рис. 4.12. Конструкція підлоги по ґрунту:

- 1 – дубовий паркет $\rho_0 = 700 \text{ кг/м}^3$, $\lambda_{\text{Б}} = 0,23 \text{ Вт/(м·К)}$, $\delta = 10 \text{ мм}$;
- 2 – бітумна мастика $\rho_0 = 1400 \text{ кг/м}^3$, $\lambda_{\text{Б}} = 0,27 \text{ Вт/(м·К)}$, $\delta = 2 \text{ мм}$;
- 3 – тупобетон $\rho_0 = 1800 \text{ кг/м}^3$, $\lambda_{\text{Б}} = 0,99 \text{ Вт/(м·К)}$, $\delta = 70 \text{ мм}$;
- 4 – пінополістирол $\rho_0 = 100 \text{ кг/м}^3$, $\lambda_{\text{Б}} = 0,052 \text{ Вт/(м·К)}$, $\delta = 50 \text{ мм}$;
- 5 – руберойд $\rho_0 = 600 \text{ кг/м}^3$, $\lambda_{\text{Б}} = 0,17 \text{ Вт/(м·К)}$, $\delta = 2 \text{ мм}$;
- 6 – бетон $\rho_0 = 2400 \text{ кг/м}^3$, $\lambda_{\text{Б}} = 1,86 \text{ Вт/(м·К)}$, $\delta = 100 \text{ мм}$

Р о з в ' я з у в а н н я

З [43] знаходимо, що для приміщення з постійним перебуванням людей середня температура поверхні підлоги $t_{\text{доп}}^{\text{підл}} = 26 \text{ °С}$, середня температура на поверхні підлоги на осі замоноличеної труби $t_{\text{доп}}^{\text{тр.підл}} = 35 \text{ °С}$.

Знаходимо потрібну густину теплового потоку від поверхні підлоги у приміщення:

$$q = \frac{Q_{\text{пр}}}{F_{\text{пр}}} = \frac{8100}{110} = 73,6 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2}.$$

Приймаємо середню температуру води в нагрівальних приладах $t_{\text{сер}} = 50 \text{ °С}$.

З відношення $t_{\text{сер}} = \frac{t_{\text{Г}} + t_{\text{ЗВ}}}{2}$ знаходимо температуру води у подавальному і зворотньому трубопроводах:

$$t_{\text{Г}} = 55 \text{ °С}; \quad t_{\text{ЗВ}} = 45 \text{ °С}.$$

З [43] за величинами $q = 73,6 \text{ Вт/м}^2$, $t_v = 18^\circ\text{C}$ і $t_{\text{сер}} = 50^\circ\text{C}$ знаходимо крок труб $S = 0,25 \text{ м}$ (рис. 4.12) і середню температуру поверхні підлоги $t_f = 24,8^\circ\text{C}$, для якої умова $t_f < t_{\text{доп}}^{\text{підл}}$ виконується ($24,8 < 26^\circ\text{C}$).

Визначаємо кількість теплоносія, яка повинна проходити через змійовик підлоги:

$$G = \frac{1,1 Q_{\text{пр}}}{c_{\text{води}} (t_{\text{г}} - t_{\text{зв}})} = \frac{1,1 \cdot 8100}{4190 \cdot (55 - 45)} = 0,21 \frac{\text{кг}}{\text{с}} = 756 \frac{\text{кг}}{\text{год}},$$

де 1,1 – коефіцієнт, який враховує непродуктивні втрати теплоти; $c_{\text{води}} = 4190 \text{ Дж/(кг}\cdot\text{K)}$ – питома теплоємність води.

До встановлення приймаємо пластмасові труби виробництва Німеччини марки LPE $\varnothing 18 \times 2$ або багатошарові полімералюмінієві труби KISAN (Японія).

Останнім часом застосовують нагрівальні панелі з замоноличеним електрокабелем (рис. 4.13) товщиною 8...10 см. Нижче нагрівальної плити передбачають ефективну теплоізоляцію товщиною 5...8 см з пароізоляційним шаром.

Переваги підлогового електричного опалення: малі капітальні затрати; низькі кошти обслуговування; можливий облік витрат на опалення.

Недоліки підлогового електричного опалення: значна вартість електроенергії; складнощі під час ремонту; необхідність додаткового електричного чи іншого опалення.

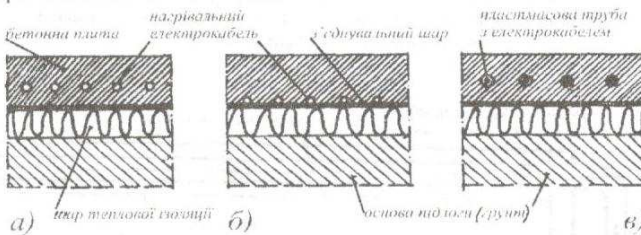


Рис. 4.13. Варіанти виконання підлогового опалення з нагрівальним електрокабелем:

- а* – електрокабель в бетонній плиті; *б* – електрокабель знизу бетонної плити;
- в* – електрокабель, вмонтований у захисну пластмасову трубу, яка замоноличена в бетонній плиті

У районах з різко континентальним кліматом доцільно передбачати стельове опалення, оскільки у ТПР таку систему можна використати для охолодження приміщень, пропускаючи трубами холодну воду.

Заслугує на увагу система променевого опалення з теплоносієм – повітрям, яке циркулює в каналах захисних конструкцій (рис. 4.14).

Поверхнями випромінювання в даній конструкції є стеля, підлога і стіни. Повітря, нагріте в калорифері, нагнітається вентилятором у канали

перекриття, передбачені над всією поверхнею стелі, звідки через стінові клапани воно надходить в найменші канали, які передбачені над підлогою, та пройшовши через які, повертається в калорифер. Помірне і постійне випромінювання теплоти з тепловіддавальних поверхонь створює виключно сприятливі мікрокліматичні умови у приміщеннях.

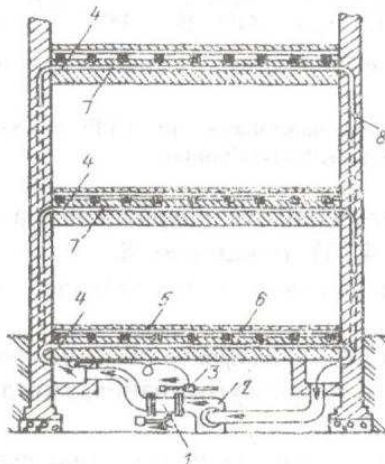


Рис. 4.14. Схема повітряного панельно-променевого опалення:

- 1 – калорифер; 2 – вентилятор; 3 – контрольно-вимірювальні прилади;
4 – клапан; 5 – настил підлоги; 6 – переkritтя; 7 – канали в переkritті;
8 – канали в стіні

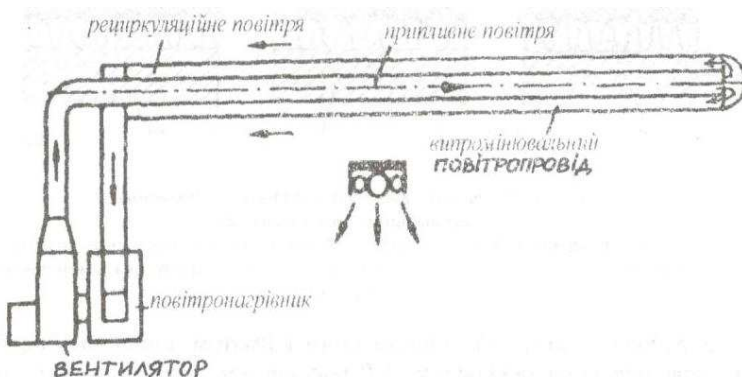


Рис. 4.15. Система опалення з випромінювальним повітропроводом

Повітряне панельне опалення підлогового типу (рис. 4.14) доцільно передбачати в культових спорудах та інших подібних будинках, які функціонують періодично.

У повітряних випромінювальних трубопроводах теплоносієм є гаряче повітря з температурою 150...300°C, яке нагрівається в газовому нагрівнику і циркулює в замкнутому просторі (рис. 4.15).

Перевагою такого опалення є швидке нагрівання приміщення або окремих його зон і зменшення теплоенергетичних затрат 25...33%.

Системи опалення з випромінювальним повітропроводом ефективні в промислових приміщеннях, залах магазинів, спортивних залах тощо.

Останнім часом, особливо у зарубіжній практиці, застосовують для опалення підвісні випромінювальні панелі. Як теплоносієм в цих панелях застосовують перегріту воду і пару; площа панелей становить невелику частину від площі стелі. Випромінювальні панелі можуть бути також електричними і газовими.

4.5. СИСТЕМИ ПАРОВОГО ОПАЛЕННЯ

У системах парового опалення використовують властивість пари під час конденсації виділяти приховану теплоту фазового перетворення. Під час конденсації в нагрівальному приладі від 1 кг пари у приміщення надходить біля 2260 кДж теплоти (питома теплота конденсації майже у 500 разів перевищує масову питому теплоємність води).

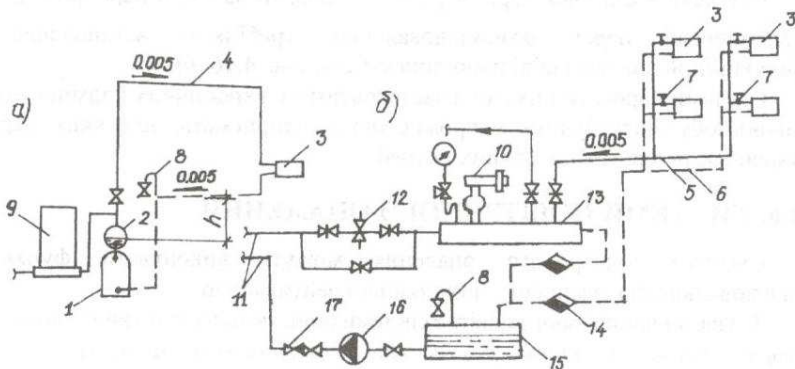


Рис. 4.16. Схеми систем парового опалення низького тиску:

а – замкнутої з верхнім розвідним трубопроводом з поверненням конденсату самотіком в котел; *б* – розімкнутої з нижнім розвідним паропроводом і насосним перекачуванням конденсату у зворотний трубопровід тепломережі;

1 – котел; 2 – парозабірник котла; 3 – нагрівальний прилад; 4 – верхній розвідний паропровід; 5 – нижній розвідний паропровід; 6 – збірний конденсатопровід;

7 – регулювальний вентиль; 8 – повітровідвідна трубка з краном; 9 – гідрозатвор;

10 – запобіжно скидний клапан; 11 – трубопроводи тепломережі; 12 – редукційний клапан;

13 – розподільвальна гребінка; 14 – конденсатовідвідник;

15 – конденсатний бак; 16 – конденсатна помпа; 17 – зворотний клапан

Системи парового опалення класифікують: за наявністю зв'язку з атмосферою, за величиною початкового тиску пари, за способом повернення конденсату в котел або в теплову мережу, за місцем розташування розвідного паропроводу і схемою стояків. В Україні переважно застосовують СО, які з'єднані з атмосферою.

За способом повертання конденсату в котел СО поділяють на *замкнуті* і *розімкнуті* (рис. 4.16).

У замкнутих системах конденсат самопливом стікає у котел; у розімкнутих системах конденсат самопливом стікає в конденсатний бак, а потім перекачується насосом у котел або в теплову мережу.

За місцем розташування розвідного паропроводу і схемою стояків розрізняють системи з *верхніми* і *нижніми розвідними паропроводами* для *одно- і двотрубної схеми стояків*.

Під час повертання конденсату у котел самопливом, останній знаходиться значно нижче нагрівальних приладів так, щоб стовп конденсату висотою h зрівноважував тиск пари у котлі. Наприклад, при тиску пари у котлі $p_{\text{надл}} = 0,03$ МПа стовп конденсату h повинен бути не менше 3 м.

Розімкнуті системи (рис. 4.16, б) застосовують при тиску пари $p_{\text{надл}} \geq 30$ кПа.

Оскільки у СО тиск пари $p_{\text{надл}} \leq 0,3$ МПа, то на вході паропроводу з тепломережі перед розподільвальною гребінкою встановлюють редукційний клапан з обвідною лінією (див. рис. 4.16, б).

Системи парового опалення застосовують у виробничих і адміністративно-побутових будинках промислових підприємств, для яких пару виробляють для технологічних потреб.

4.6. СИСТЕМИ ПОВІТРЯНОГО ОПАЛЕННЯ

Системи повітряного опалення можуть виконувати функції тільки опалювальні або сумішені з припливною вентиляцією.

За якістю припливного повітря системи поділяють на 3 типи: з *повною рециркуляцією*, з *частковою рециркуляцією*, *прямотоківі* (рис. 4.17).

Повітряне опалення природного типу (гравітаційне) застосовують в малих однородинних будинках, малих залах, школах та інших подібних приміщеннях. Для цього нагрівник повітря встановлюють в центрі будинку нижче опалюваних приміщень, найчастіше у підвалі.

Для кожного приміщення передбачають канал подавання теплого повітря і канал повернення повітря з приміщення до нагрівника. В однородинних будинках ці канали найчастіше передбачають в районі схової клітки або передпокою.

Можливі схеми *вентиляторного повітряного опалення* зображені на рис. 4.18, а, б.

Переваги вентиляторного повітряного опалення: менші перерізи повітропроводів; зручне регулювання; можливість застосування додаткового обладнання для оброблення повітря (типових фільтрів, утилізаторів теплоти тощо).

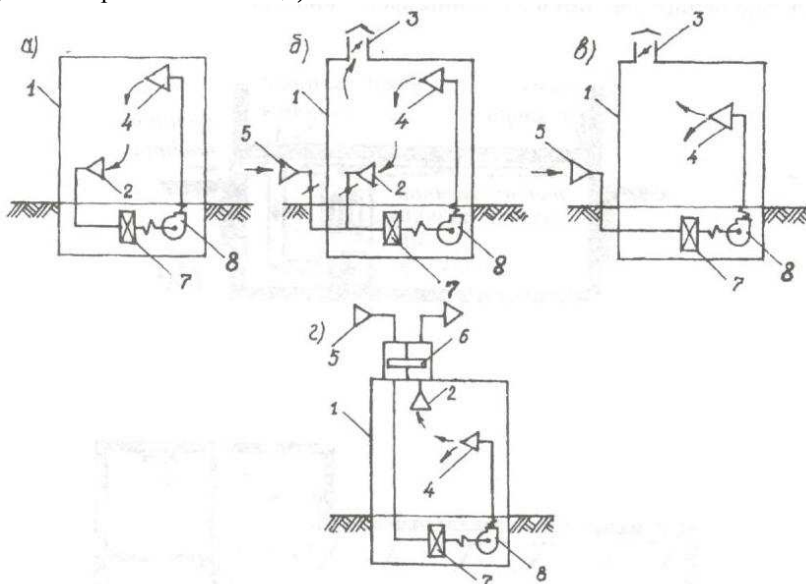


Рис. 4.17. Схеми систем повітряного опалення:

- а* – з повною рециркуляцією; *б* – з частковою циркуляцією; *в* – прямотокова;
- г* – прямотокова з утилізацією теплоти викидного повітря;
- 1 – приміщення; 2 – забірний пристрій рециркульованого або викидного повітря;
- 3 – викидна шахта; 4 – повітророздавальний пристрій;
- 5 – забірний пристрій зовнішнього повітря; 6 – утилізатор теплоти;
- 7 – калорифер; 8 – вентилятор

Недоліки вентиляторного повітряного опалення: більша вартість через значне споживання електроенергії; збільшення затрат на обслуговування.

Вентиляторне повітряне опалення однородинних будинків широко використовують у США. Для цього повітря нагрівають у нагрівниках, в яких спалюють газове або рідке паливо.

Вентиляторне повітряне опалення може використовуватись для одного великого приміщення (рис. 4.18, б; рис. 4.19) або багатьох менших приміщень, у тому числі і житлового будинку.

Акумуляційні нагрівники повітря (рис. 4.19) характеризуються значними габаритами (біля 125...170 дм³/кВт теплової потужності), і

великою масою (біля 70...110 кг/кВт). Тому їх використовують для опалення культових споруд, виставкових залів тощо.

Керамічна акумуляційна маса нагрівається вночі до 600...800°C. Температура припливного повітря становить 60...80°C завдяки змішуванню частково рециркуляційного і зовнішнього повітря.

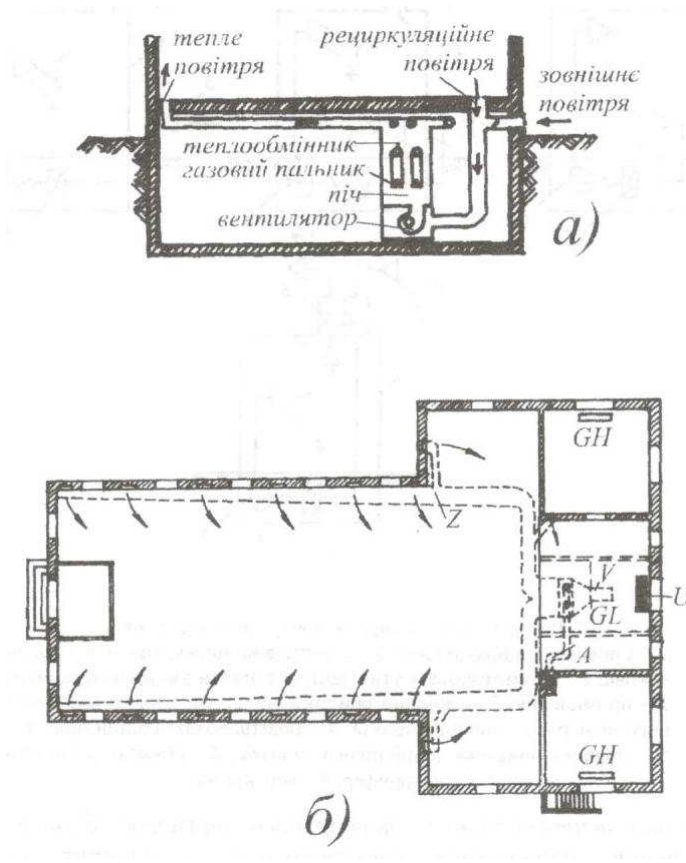


Рис. 4.18. Схеми вентиляторного повітряного опалення приміщень з повітророзподільниками біля зовнішніх стін:

A – димовий канал; *GL* – газовий нагрівник повітря; *GH* – місцевий газовий нагрівник конвективного типу; *U* – ґратка засмоктування рециркуляційного повітря;
Y – вентилятор; *Z* – канал подавання нагрітого повітря

У нових будинках з покращеною теплоізоляцією втрати теплоти, пов'язані з вентиляцією, доволі значні і мають величину до 50 % від

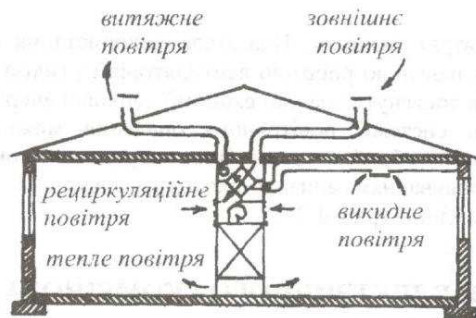


Рис. 4.19. Схема повітряного опалення приміщення з використанням електричного акумуляційного нагрівника, який споживає електроенергію за нічним тарифом

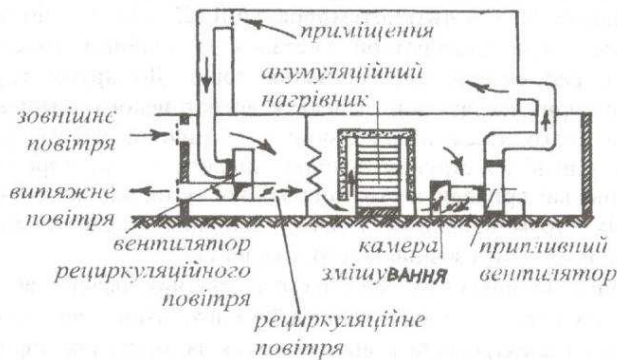


Рис. 4.20. Організоване повітряне опалення з утилізацією теплоти викидного повітря

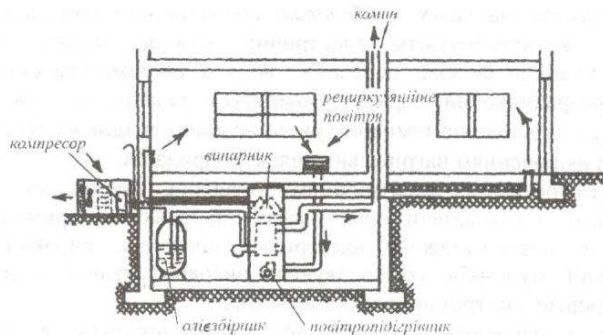


Рис. 4.21. Схема повітряного опалення приміщення з додатковим обробленням повітря в блокових кондиціонерах типу "SPLIT"

загальних тепловтрат будинку. Внаслідок використання організованої вентиляції з регульованою роботою вентиляторів і утилізаторів теплоти (рис. 4.20) забезпечують досягнення значної економії теплової енергії.

Ефективність системи повітряного опалення можна підвищити завдяки додатковому обробленню повітря, наприклад в кондиціонерах з роздільним розташуванням випарно-охолоджувального і компресорно-конденсаторного блоків (рис. 4.21).

4.7. СИСТЕМИ ЕЛЕКТРИЧНОГО І КОМБІНОВАНОГО ОПАЛЕННЯ

Для провідників електричних нагрівальних приладів часто використовують ніхром і константан у вигляді спіралі. Електронагрівальні прилади поділяють на **високотемпературні** з температурою нагрівальних поверхонь більше 70°C і **низькотемпературні** (25...70°C). До першої групи належать електрорадіатори (металеві з олійним (масляним) заповненням), рефлектори, електрокаміни тощо. До другої групи – низькотемпературні нагрівальні панелі з вогнетривкого матеріалу, в масиві якого знаходиться нагрівальний електричний кабель (кабель вмонтовують у різні конструкції будинку: підлогу, стелю, перегородки тощо) або панельні прилади зі струмопровідної гуми, які складаються з двох середніх струмопровідних і двох зовнішніх теплоізолювальних шарів (розташовують біля зовнішніх стін будинку).

Застосування теплоакумулювальних електричних печей дає змогу використати для опалення нічні “провали” у споживанні електроенергії. У нічний період електроенергія відпускається за зниженим тарифом і може акумулюватись теплоємними приладами з подальшою віддачею теплоти приміщенню у денний час.

Заслужують на увагу *комбіновані системи опалення*, в яких, як додаткові, використовують електричні легкорегульовані системи опалення. Основна фонові, переважно водяна, система опалення за безпечує в розрахунковий період температуру повітря у приміщеннях 10...15°C, а підвищення температури до необхідної здійснюється самим абонентом включенням нагрівальних електроприладів.

При застосуванні електричного опалення необхідно суттєво покращувати теплозахисні властивості опалюваних приміщень. У країнах, де розповсюджене електричне опалення, високий рівень теплоізоляції будинків (застосовують високоефективні утеплювачі, світлові прорізи з потрібним заскленням тощо).

Одним з основних напрямів технічного прогресу в створенні мікроклімату будинків на сьогодні є покращення їх теплозахисту і застосування електричного опалення.

4.8. СИСТЕМИ КВАРТИРНОГО ВОДЯНОГО ОПАЛЕННЯ

Для квартирної водяної опалення циркуляція теплоносія в трубопроводах відбувається внаслідок його нагрівання у котлі і охолодження в нагрівальних приладах та трубопроводах, які знаходяться вище центру нагрівання котла. Необхідно враховувати, що із збільшенням довжини трубопроводів зростають загальні втрати тиску під час руху в них води.

Системи квартирної водяної опалення бувають *двотрубні* і *однотрубні* з **механічною** (рис. 4.22 і рис. 4.23) і **природною** циркуляцією. Широко застосовують природні системи з прокладанням подавального розвідного трубопроводу під стелею, а зворотного – над підлогою.

Переваги такої системи: збільшення циркуляційного напору завдяки охолодженню води в трубопроводах, які прокладені під стелею приміщення; рівномірність прогрівання всіх нагрівальних приладів; можливість регулювання і відключення окремих нагрівальних приладів.

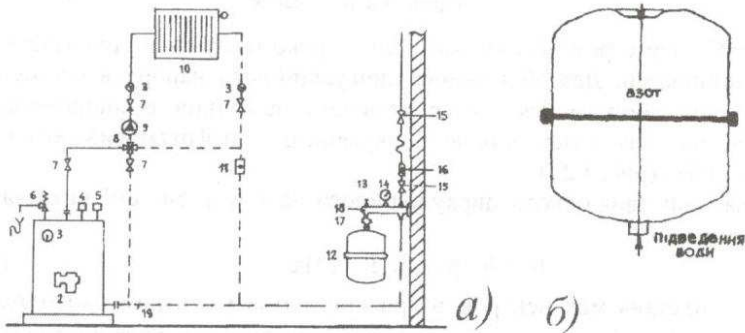
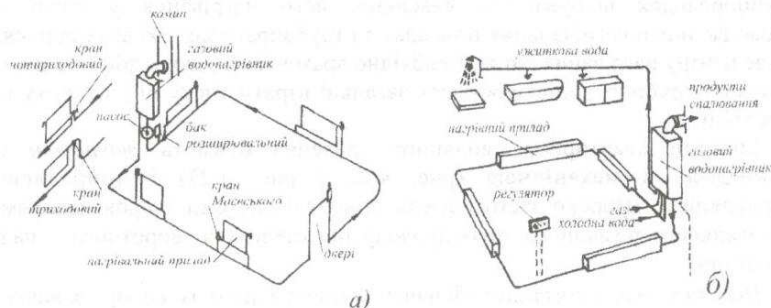


Рис. 4.22. Схема системи квартирного опалення (а)
з діафрагмовим розширювальним баком (б):

- 1 – опалювальний котел; 2 – палик котла; 3 – термометр; 4 – запобіжне реле граничних температур; 5 – терморегулятор; 6 – запобіжний клапан; 7 – запірні арматури;
8 – чотириходовий змішувач; 9 – циркуляційний насос; 10 – нагрівальний прилад;
11 – дросельний клапан; 12 – діафрагмовий розширювальний бак; 13 – пристрій для видалення повітря; 14 – манометр; 15 – запірні арматури; 16 – зворотний клапан; 17 – швидкодіючий з'єднувальний елемент; 18 – кріпильний елемент; 19 – зливання води з системи

Для покращення естетичного вигляду приміщень розвідні подавальні трубопроводи доцільно прокладати нижче підвіконника; якщо підвіконники низькі, то подавальні розвідні трубопроводи можна прокладати по

Прокладати трубопроводи необхідно з такими нахилами, які забезпечили б спорожнювання системи від води і видалення повітря.



б – з газовим водонагрівником одночасного нагрівання води на опалення і гаряче водопостачання

Величину природного циркуляційного напору в системі визначають за формулою:

$$H = h \cdot (\rho_o - \rho_r) \cdot g, \text{ Па}, \quad (4.7)$$

де h – відстань між центром нагрівання котла і центром охолодження води у радіаторі, м; ρ_0 , ρ_T – відповідно, густина охолодженої і нагрітої води, кг/м³.

Збільшення N досягається завдяки встановленню котла у підвальному приміщенні або застосуванню таких додаткових пристроїв у системі опалення, як протічний розширювальний бак, високорозташований під стелею приміщення нагрівальний прилад чи водонагрівник. Як високорозташований нагрівальний прилад можна використати опуск подавального розвідного трубопроводу для підвіконного прокладання розвідних трубопроводів з діаметром 70...100 мм (або прокладають паралельно дві труби діаметром по 70 мм кожна); такий прилад може збільшити циркуляційний напір до 15...20%. Застосування протічного розширювального бака збільшує циркуляційний напір до 15%.

Для забезпечення швидкого і рівномірного прогрівання всіх нагрівальних приладів системи опалення необхідно, щоб довжина, циркуляційних кілець трубопроводів була мінімальною. Краще прокладати два-три циркуляційних кільця, а котел встановлювати в центрі опалювальних навантажень.

Головний стояк бажано теплоізолювати, його довжина до розширювального бака повинна бути якомога мінімальною. У місцях поворотів розвідні трубопроводи бажано виконувати плавно зігнутими.

Однотрубні системи водяного опалення з нижнім прокладанням розвідних трубопроводів застосовують для отримання достатнього циркуляційного напору в двоповерхових будинках. Для цього у верхніх радіаторних пробках необхідно передбачати крани для випускання повітря з системи під час заповнення її водою.

При визначенні розміру розширювального бака атмосферного типу (рис. 4.24) розраховують збільшення об'єму води під час нагрівання. Місткість бака 20...45 л. Баки бувають протічні і непротічні, прямокутної та круглої форми.

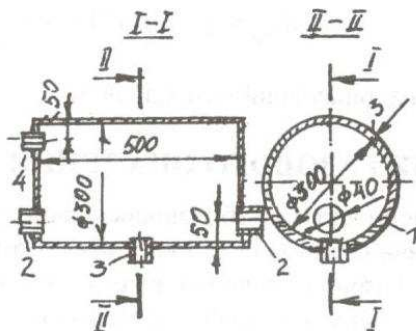


Рис. 4.24. Протічний розширювальний бак атмосферного типу:

1 – корпус; 2 – штуцери для циркуляційної води; 3 – штуцер для спускання води; 4 – повітряна трубка

Розширювальний бак, який встановлений на горищі, повинен бути добре утепленим і мати циркуляційну лінію для запобігання замерзання води. Переливну трубку від бака виводять до раковини опалюваного приміщення. Для зменшення поверхневого випаровування води у бак додають 20...30 г будь-якої оливи (наприклад, трансформаторної).

Розвідні трубопроводи до розширювального бака слід приєднувати на 30...40 мм вище дна, тоді завислі у воді частинки будуть випадати на дно бака.

Орієнтовний напір в циркуляційному кільці двотрубною квартирної

системи водяного опалення визначають за формулою:

$$H = [b \cdot h_r \cdot (l + h_r) \pm \beta \cdot h_{\text{діл}} \cdot (\rho_o - \rho_r)] \cdot g, \text{ Па}, \quad (4.8)$$

де h_r – висота гарячого розвідного трубопроводу над центром нагрівання води у котлі, м; l – горизонтальна відстань від розрахункового стояка до головного стояка для верхнього розведення гарячих розвідних трубопроводів, м; $h_{\text{діл}}$ – вертикальна відстань від центру нагрівання води у котлі до середини нагрівального приладу, м (зі знаком “+”, коли середина приладу вища центру нагрівання води у котлі; зі знаком “-”, коли середина приладу нижча центру нагрівання води у котлі); b – безрозмірний коефіцієнт ($b = 0,4$ для ізольованого головного стояка і неізольованих труб; $b = 0,34$ – для ізольованого головного стояка і збірного зворотнього трубопровода; $b = 0,16$ – для всіх теплоізольованих трубопроводів); β – середній приріст густини при пониженні температури води на 1°C .

Розрахунок трубопроводів починають з циркуляційного кільця, який має найменше значення $R_{\text{сер}}$, величину якого визначають за формулою:

$$R_{\text{сер}} = \frac{H}{\sum l}, \text{ Па/(1 п.м)}, \quad (4.9)$$

де $\sum l$ – довжина циркуляційного кільця, м.

4.9. СИСТЕМИ ГАЗОВОГО ОПАЛЕННЯ

Останнім часом суттєво збільшилось застосування індивідуального газового обладнання для систем опалення, а саме газових нагрівників і випромінників. Газові нагрівники щораз частіше використовують для обігрівання житлових і службових приміщень, магазинів, культових будівель, виробничих цехів тощо.

Переваги газового опалення: можливість автоматичного регулювання; швидке нагрівання; екологічність обладнання; постійна готовність до роботи; відсутність запасів палива; можливість оцінки коштів на опалення газоміром; оплата за паливо після його споживання; незначне забруднення повітря продуктами спалювання; відсутність димового каналу внаслідок викидання продуктів спалювання через зовнішню стіну.

Залежно від виду газу, який спалюється, розрізняють обладнання пристосоване: до одного виду газу (наприклад природного газу); до двох видів газу (природний газ, скраплений газ); до будь-яких видів газу. Відповідно тиск газу перед обладнанням рекомендується різний: для природного газу ≥ 1800 Па; для скрапленого газу ≥ 5000 Па.

Газові конвективні нагрівники віддають теплоту як конвекцією,

так і частково випромінюванням.

Газові випромінники розжарювання використовують для великих приміщень таких, як храми, гімнастичні зали, фабрики, виставкові зали. Віддавання теплоти в них здійснюється переважно випромінюванням сильно розжарених керамічних плит – найчастіше перфорованих або плит з іншого матеріалу. Повітряно-газова суміш утворюється інжектором, який працює як пальник Бунзена, і подається до керамічної маси, де під впливом каталізатора відбувається її повне спалювання при температурі 800...900°C. Для цього процесу вимагається наявність регулятора тиску.

Продукти спалювання (CO_2 , а в деяких випадках CO і NO_2) можуть бути видалені разом з повітрям приміщення через отвори над випромінниками. Кількість викидної суміші залежить від призначення приміщення і становить 14...24 м³/год на 1 кВт теплової потужності випромінника. Можливе також безпосереднє приєднання випромінника до індивідуальної димової труби (рис. 4.25).

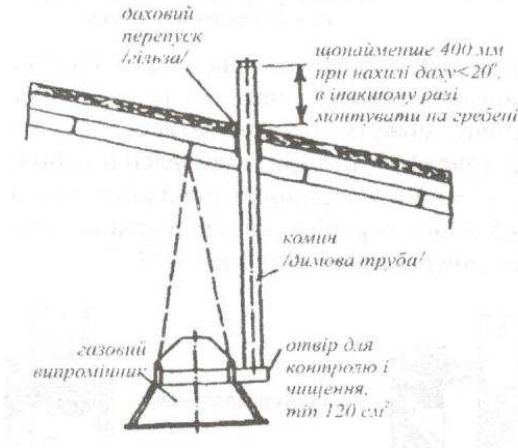


Рис. 4.25. Видалення продуктів спалювання газового випромінника за допомогою індивідуальної димової труби

Мінімальний об'єм приміщення повинен перевищувати 10 м³ на кожний кВт теплової потужності розміщених в ньому випромінників. Необхідно забезпечувати також рекомендовані відстані до спалюваних матеріалів.

Теплова потужність випромінників 50...130 кВт/м² випромінювальної поверхні.

Внаслідок високої температури випромінника його встановлюють достатньо віддалено від підлоги приміщення (рис. 4.26), інакше виникає неприємне опромінення голови людини.

Для нагрівання приміщень, в яких перебувають люди, і спортивних залів необхідно застосовувати газові випромінники тільки з пристроями для видалення продуктів спалювання (рис. 4.25).

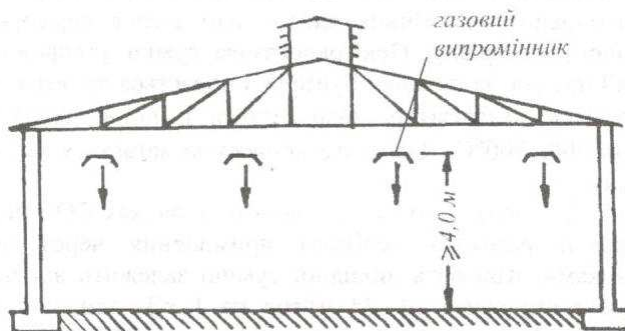


Рис. 4.26. Схема розрізу промислового приміщення з газовими випромінниками

Конвективні газові нагрівники (рис. 4.27) подібні до радіаторів і нагрівальних панелей водяного опалення та мають теплову потужність до 12 кВт. Вони можуть приєднуватись до внутрішньостінового димового каналу (рис. 4.27, а). При встановленні їх біля зовнішньої стіни передбачають суміщену з подаванням зовнішнього повітря телескопічну димову трубу круглого перерізу, на зовнішньому кінці якої монтують вітровідбивальні панелі з прорізами (рис. 4.27, б).

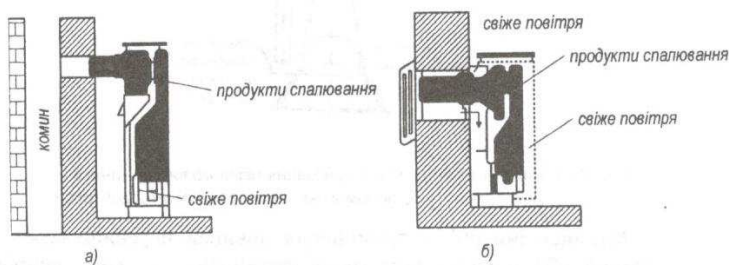


Рис. 4.27. Конвективні газові нагрівники:

- а – приєднаний до димового каналу;
- б – з видаленням продуктів спалювання через суміщену з подаванням зовнішнього повітря телескопічну димову трубу, умонтовану в зовнішню стіну

Для забезпечення нормального спалювання газу об'єм приміщення, у якому встановлені конвективні газові нагрівники, повинен бути: не

менше 2 м³ на 1 кВт теплопродуктивності при повітропроникних вікнах; не менше 4 м³ на 1 кВт теплопродуктивності при спеціально ущільнених вікнах.

4.10. ОПАЛЮВАЛЬНІ ПЕЧІ

Опалювальні печі повинні задовільняти таким вимогам: бути економічними і забезпечувати у приміщенні розрахункову температуру при незначних витратах палива; добре прогріватись по всій поверхні і особливо у нижній частині; віддавати теплоту приміщенню рівномірно у часі; забезпечувати максимальну температуру на поверхні печі 90...95°C; мати просту конструкцію; бути простими в експлуатації і пожежобезпечними; бути міцними і довговічними (термін служби печей 20...30 років); мати гладку поверхню без тріщин; не погіршувати інтер'єр приміщення.

Опалювальна піч містить: паливник, в якому згорає паливо; газоходи-канали і порожнини печі, якими проходять продукти спалювання; робоча частина – масив печі з тепловіддавальною поверхнею; основа, (фундамент); димохід – для відведення продуктів спалювання в атмосферу і створення тяги; пічні прилади (колошниковка, гратка, дверцята, трубний шибер).

В опалювальних печах полум'я і гарячі гази, обтікаючи внутрішню теплосприймальну поверхню, нагрівають стінки і внутрішній масив, які через зовнішню поверхню віддають теплоту опалюваному приміщенню.

У печах короткочасного нагрівання (1...3 год.), масив печі акумулює значну кількість теплоти і потім тривалий час віддає його приміщенню. У таких печах тепловіддача нерівномірна, її тривалість залежить від акумулюючої маси кладки.

У печах тривалого нагрівання горіння продовжується тривалий час або неперервно. Для цих печей не потрібен значний акумулювальний масив і тому вони мають менші розміри порівняно з печами короткочасного нагрівання. Їх тепловіддача рівномірна протягом всього часу горіння палива.

Рух димових газів димоходами (рис. 4.28) і димовою трубою відбувається під впливом тяги, дія сили якої полягає в тому, що вона, з одного боку, змушує підніматися вгору гарячі гази, а з іншого – змушує повітря проходити у паливник для підтримання горіння палива. Сила тяги тим вища, чим більша різниця температур між димовими газами в трубі і зовнішнім повітрям і чим вища димова труба. Середня температура димових газів у трубі біля 140°C.

Щоб збільшити тягу, потрібно збільшити висоту труби або підвищити температуру викидних газів, що не завжди доцільно. Тому конструкція печі повинна бути такою, щоб опір руху газів димоходами

був якомога меншим. Для цього необхідно, щоб димоходи печі були незначної довжини і мали незначну кількість поворотів; площа перерізу димової труби повинна бути достатньою для відведення димових газів; температура димових газів на вході в трубу повинна не бути нижчою за 120°C; висота димової труби від рівня колошникової ґратки повинна бути не менша ніж 5 м (для одноповерхових будинків).

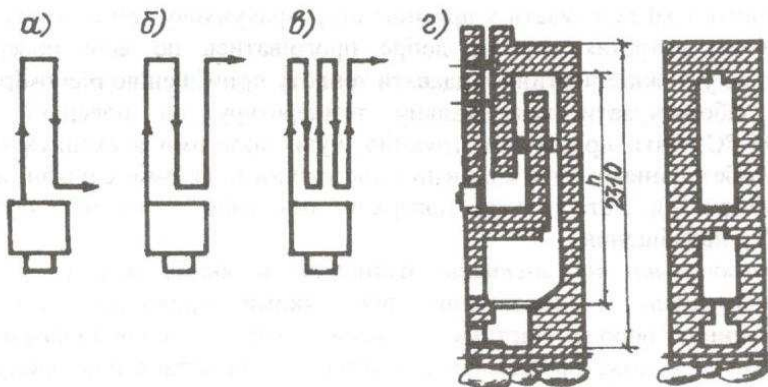


Рис. 4.28. Схеми руху газів в каналах печі:
а – одноходова піч; б – двоходова піч; в – багатоходова піч;
г – двоходова цегляна піч

Паливник печі повинен мати достатній об'єм топкового простору. Він повинен забезпечити достатній і рівномірний приплив зовнішнього повітря до палива і високу температуру в зоні горіння.

Силу тяги регулюють прикриванням піддувальних дверцят і димового шибера.

Колошникову ґратку вкладають на 70...140 мм нижче завантажних дверцят, щоб частини палива не випадали на підлогу приміщення.

Властивість печі поглинати і накопичувати тепло в період спалювання палива і поступово віддавати його в наступний час називають **акумулювальною здатністю печі**, яка визначається за формулою:

$$Q_{\text{ак}} = V \cdot \rho \cdot c \cdot \Delta t, \text{ кДж}, \quad (4.10)$$

де V – об'єм прогрітої кладки печі, м³; ρ – густина кладки печі, кг/м³; c – питома теплоємність матеріалу печі, кДж/(кг·К); Δt – різниця температур, на яку підвищилась температура кладки печі, °С.

Кількість печей і димових труб у будинку повинна, бути якомога меншою.

Встановлення печі у кожній кімнаті дає можливість підвищити

гнучкість її експлуатації, тобто в теплі дні і в перехідний період року палити не всі печі кожного дня, а по чергово.

Найдоцільніше встановлювати одну піч для опалення двох суміжних приміщень. Для цього дверцята печі потрібно передбачати в коридорі (рис. 4.29). У квартирі для однієї сім'ї можна встановлювати піч на дві кімнати.

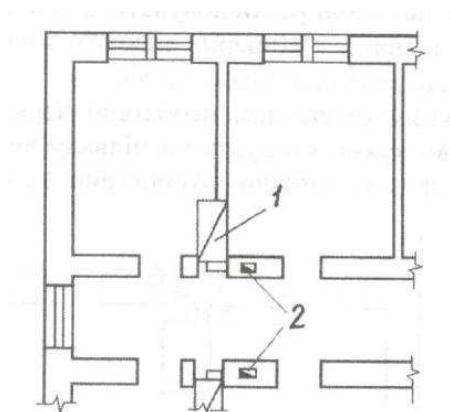


Рис. 4.29. Розташування печей у будинку з коридорним плануванням:

1 – піч; 2 – димохід

Розташування печей повинно забезпечувати відповідність тепловіддачі печі тепловтратам приміщення, рівномірність температури у приміщеннях, а також зручність обслуговування.

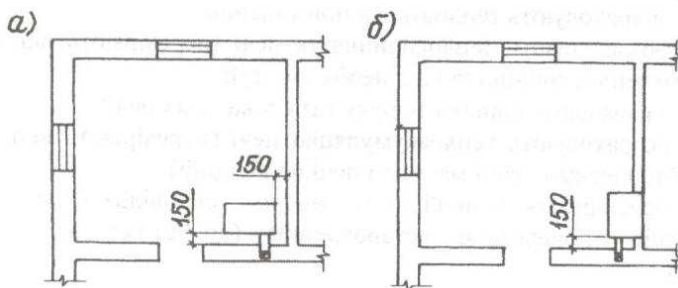


Рис. 4.30. Розташування печей стосовно внутрішніх стін і перегородок:

а – не рекомендується; б – рекомендується

Розташування загальних печей на 2-3 кімнати в прорізах стін і перегородок повинно бути таким, щоб тепловіддача печі розподілялась пропорційно тепловтратам кожної кімнати.

Для вирівнювання температури в кімнаті бажано ставити печі поблизу зовнішніх стін. Встановлення печі в кутку кімнати з відступами (ширина 150...200 мм) з двох боків **не рекомендується** як за санітарними, так і за теплотехнічними вимогами (рис. 4.30).

Для зручнішого обслуговування рекомендується встановлювати печі ближче до дверей, щоб не носити паливо і золу через всю кімнату.

Шибер в печах потрібно розташовувати в тих самих приміщеннях, що й паливні дверцята. Шибери газових печей повинні мати центральний отвір для вентиляції паливника.

Одночасно з пічним опаленням необхідно передбачити вентиляцію приміщень, особливо кухні, санвузла чи підвалу через витяжні канали, які розташовують поряд з димовою трубою (рис. 4.31).

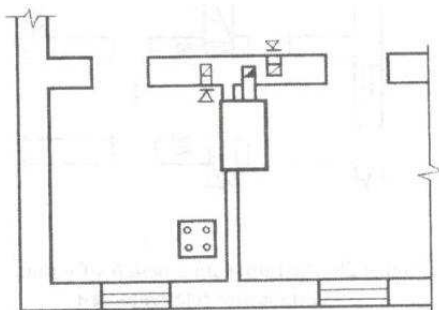


Рис. 4.31. Розташування димового і вентиляційних каналів

Розрахунок пічного опалення виконують у такій послідовності:

- підраховують тепловтрати приміщення;
- розраховують теплосприйняття печі (перевіряють відповідність дійсного теплосприйняття печі необхідному);
- розраховують швидкість руху газів у каналах печі;
- розраховують теплоаккумуляцію печі (перевіряють відповідність дійсної теплоаккумуляції масивом печі необхідній);
- перевіряють відповідність дійсної тепловіддачі печі середній необхідній (попередньо встановленій) (допустиме відхилення до $\pm 15\%$).

4.11. КАМІНИ

Камін – це найпростіша піч, що нагріває приміщення виключно завдяки променевій енергії. Тепловіддача у приміщення становить 10...20%, а решта теплоти вилітає в трубу.

Паливники камінів широкі і неглибокі, а верхні і бокові стінки – з розвалом або розширенням в бік приміщення, що збільшує променевий потік у бік приміщення.

Каміни виконують вбудованими в прорізи стіни (товщина стіни не менша ніж в дві цегли), приставними або окремими.

Найбільшу кількість теплоти віддає та частина екрана топки, яка знаходиться напроти паливника, менше віддають укуси, які обернені до паливника, а бокові частини – ще менше.

Камін складається з паливника і димової труби (рис. 4.32). У нижній частині труби встановлюють коліно (перевал, виступ, дашок). Поворот диму, його завихрення за каміном запобігають вилітанню з труби іскор і сажі, «перекиданню» тяги (зворотній тязі), задимленню приміщення і виключають потрапляння у камін атмосферних осадів. На газовому порозі (зубі) каміна (рівному і лоткоподібному) встановлюють лист, а навпроти нього – чистку, яка закривається герметичними дверцятами.

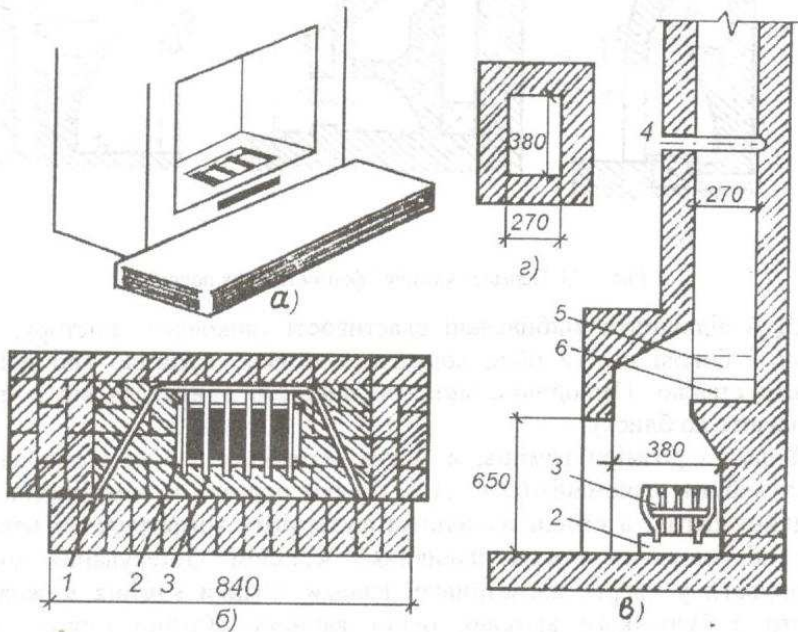


Рис. 4.32. Конструкція каміна:

a – загальний вигляд; *б* – план; *в* – розріз; *г* – переріз димоходу;

- 1 – бронзовий екран; 2 – ніша під дротяним кошиком; 3 – кошик; 4 – шибер;
5 – чистка, яка закривається герметичними дверцятами; 6 – газовий поріг

Ширина газового порогу повинна рівнятись з передньою стінкою, а його виступ бути на одному рівні з нею або дещо ширшим (на 10...20 мм), що дає можливість повністю затримати сажу. Газовий поріг будь-яких конструкцій камінів не повинен звужувати димову трубу, чим попереджається задимлення.

Розрізи камінів і форми газових порогів зображені на рис. 4.33.

Тяга в камінах незначна, тому димові труби обладнують шахтами з зонтами або дефлекторами, що не тільки покращує тягу, але й захищає каміні від потрапляння атмосферних опадів.

Димова труба непрацюючого каміну повинна перекриватись шибером або перекидним клапаном, що запобігає переохолодженню приміщення.

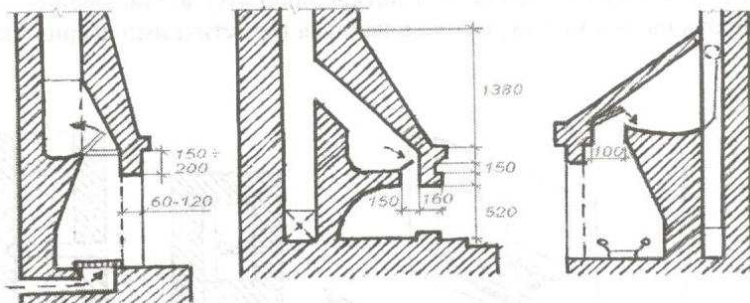


Рис. 4.33. Розрізи камінів і форми газових порогів

Щоб підвищити відбивальні властивості топкового простору, його задню і бокові стінки облицюють листовою бронзою або нержавіючою сталлю. Періодично металеві поверхні очищають від копоті і натирають до блиску.

Форма і розміри камінів, а також матеріали для їх виготовлення можуть бути різноманітними. Для кладки переважно використовують звичайну цеглу, а стінки паливника футерують вогнетривкою цеглою. Для облицювання стінок паливника металом футерування можна виконувати у чверть вогнетривкої кладки. Стінки камінів можна викласти з будь-якого каменю, окрім вапняку. Каміні можуть бути виконані з вогнетривкого бетону, кераміки, металу.

Каміні масою більше 750 кг встановлюють на самостійному фундаменті, з меншою масою до – на бетонній плиті чи міцній підлозі.

Вимоги щодо кладки камінів ті ж самі, що й для кладки опалювальних печей, тобто підбору метеріалів, розчинів, перев'язуванню і розшиванню швів. Для облицювання поверхні камінів застосовують кахлини (гладкі і візрчасті), клеєві фарби на крейдянному або вапняному

розчині. Тинькують каміни тими ж розчинами, що і печі.

Каміни необхідно розташовувати так, щоб вони гармоніювали з інтер'єром приміщення. Каміни мають свою димову трубу, але їх можна поєднувати з димоходами опалювальних печей при відповідному розрахунку тяги. Переріз труби каміна не менший ніж 1×1,5 цегли.

Під час кладки камінів перемички, склепіння і арки паливника бажано робити з цегли. Сталеві профілі деформують кладку внаслідок великого коефіцієнта лінійного розширення. При необхідності застосовують чавунні балочки, попередньо обгорнувши їх 1...2 шарами азбестового матеріалу.

Для роботи каміна використовують будь-які дрова, надаючи перевагу березі, вільсі, осиці. Осикові дрова не тільки не коптять, але й горять рівним білим полум'ям. До осикових дров можна додавати дрова вишні, яблуні тощо.

Найрозповсюдженіша конструкція каміна з прямим димоходом. Висота фундаменту під камін для одноповерхового будинку – 0,5 м, для двоповерхового – 0,7...1 м (враховуючи високу димову трубу). Каміни на другому поверсі встановлюють на двотаврових балках, які вмонтовують у капітальній стіні не менше як на 1,5 цегли. По рівному верху фундаменту влаштовують гідроізоляцію з двох шарів руберойду (толі).

Контрольні питання

1. Як класифікують системи опалення?
2. Які переваги і недоліки мають системи водяного, парового, повітряного і електричного опалення?
3. Як поділяють нагрівальні прилади і які вимоги вони повинні задовільняти?
4. Як підбирають і розташовують нагрівальні прилади у приміщеннях?
5. Як визначають площу поверхні і кількість елементів нагрівальних приладів водяних систем опалення?
6. Як враховують додаткові фактори, які впливають на теплопередачу нагрівальних приладів?
7. Як Ви знаєте способи приєднання нагрівальних приладів до теплопроводів системи опалення?
8. Як регулюють тепловіддачу нагрівальних приладів системи опалення?
9. Як класифікують системи водяного опалення залежно від способу циркуляції теплоносія?
10. Як прокладають розвідні трубопроводи систем опалення?
11. Як класифікують системи опалення залежно від місця прокладання розвідних трубопроводів?
12. Як принципово вирішують водяне опалення висотного будинку?
13. Які вимоги ставлять до прокладання стояків систем опалення?
14. Які переваги і недоліки мають системи панельно-променевого опалення?
15. Наведіть конструктивні особливості і області застосування панельного опалення.
16. Як класифікують системи повітряного опалення?
17. Як класифікують електронагрівальні прилади? Перспективи застосування електричного і комбінованого опалення.

18. Викресліть і охарактеризуйте схему системи квартирної опалення.
19. З яких основних частин складаються опалювальні печі? Які вимоги ставляться до розташування печей в будинку?
20. З яких основних конструктивних елементів складаються каміни і які вимоги ставляться до їх форми і розмірів?

Розділ п'ятий

СИСТЕМИ ЕНЕРГОПОСТАЧАННЯ БУДИНКІВ ВІД ТРАДИЦІЙНИХ ДЖЕРЕЛ ЕНЕРГІЇ

Традиційними невідновлювальними енергетичними ресурсами вважають: нафту, газ, вугілля, дрова, ядерну сировину (уран і торій), а нетрадиційними відновлювальними – сонячну енергію, енергію вітру, океанічних припливів, геотермальних вод, верхніх шарів землі, повітря, біомаси тощо.

Під час будівництва і реконструкції будинків важливим завданням є проведення енергоощадних заходів.

Енергопостачання будинків і споруд включає: електропостачання, теплопостачання, газопостачання.

5.1. СИСТЕМИ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ ТА ЕЛЕКТРООБЛАДНАННЯ БУДИНКІВ

Електропостачання – це сукупність заходів для забезпечення електроенергією інженерного та електричного обладнання будинків.

Щодо *забезпечення надійності електропостачання* електроспоживачі поділяються на **категорії**: **I** – це споживачі, відключення електропостачання яких може викликати небезпеку для життя людей, пошкодження цінного обладнання, порушення функціонування важливих елементів комунального господарства, завдати значної шкоди економіці тощо; **II** – споживачі, відключення електропостачання яких приводить до масових технологічних простоїв, порушення нормальної діяльності значної кількості громадян; **III** – всі інші споживачі, які не підпадають під I і II категорії.

Електричні мережі класифікують: *за родом струму* – **змінного і постійного**; *за величиною напруги* – **низьковольтні** до 1 кВ і **високовольтні** вище 1 кВ; *за способом прокладання* – **зовнішні і внутрішні, повітряні і підземні**.

У містах для електропостачання загалом використовують підземні кабельні лінії. Найрозповсюдженішим є прокладання кабелю під непроїжджою частиною вулиці з відповідним захистом його від механічного пошкодження. Кабельні лінії 6...10 кВ прокладають у колекторах, інколи суміщених з другими комунікаціями (водопроводом, теплопроводом, каналізацією). Застосування колекторів для кабельних ліній покращує їх експлуатацію і забезпечує швидке відновлення після пошкодження.

Нині *міські електромережі* 6...10 кВ прокладають *за променевою схемою*, при якій забезпечується висока надійність електропостачання і

гнучкість розвитку мереж в районах нової забудови. Принцип побудови мережі полягає у тому, що живильні кабелі (одинарні або спарені) заводять у кожен секцію двосекційного розподільного пункту (РП). Від РП до міських мережевих підстанцій прокладають розподільні кабелі за багатопроменевою схемою (2...3 промені).

Застосовують мережеві підстанції з двома трансформаторами і пристроєм аварійного включення резерву (АВР) на боці низької напруги. *Міські мережі* від підстанцій до споживачів з напругою 380/220 В частіше виконують за *радіальною схемою* з взаємним резервуванням живильних кабелів.

Для розподілення електроенергії і перетворення високої напруги на низьку використовують трансформаторні підстанції (ТП). Переважно висока напруга ТП 6...10 кВ, низька 0,4...0,23 кВ.

Розрізняють такі *типи ТП*: **прибудовані, вбудовані, окремі і стовпові**. Стовпові ТП застосовують для електропостачання сіл, невеликих населених пунктів і дачних кооперативів. У міських розподільних мережах застосовують окремі ТП. На сьогодні застосовують ТП потужністю 2×400 і 2×630 кВт. Підстанції будують з цегли або збірних об'ємних залізобетонних елементів.

Основні елементи *внутрішніх електромереж* сучасного житлового будинку: вхідний розподільний пристрій, вертикальні магістральні лінії (стояки) з поверховими щитками для живлення квартир; силові мережі ліфтових установок, технічних поверхів тощо. Живлення відбувається двома кабельними лініями напругою 380/220 В від найближчої ТП: одна живить електричне обладнання квартир і загальне освітлення (сходові приміщення, підвал, технічний поверх, горище); інша – ліфти, насоси, вентилятори, а також протипожежні пристрої і аварійне освітлення. Схема передбачає у випадку виходу з ладу однієї лінії переключення споживачів на другу лінію.

Живильні лінії вводять у центр житлового будинку в сходові приміщення на рівні першого поверху або підвалу, де встановлюють вхідний розподільний пристрій (ВРП).

Магістральні горизонтальні лінії від ВРП прокладають у підвалі або на технічному поверсі відкрито на лотках (коробах) або у вінілпластових трубах. Від горизонтальних живильних ліній відводять вертикальні стояки, які прокладають приховано у вертикальних стінових каналах.

До стояків приєднують групові лінії квартир. Лічильники обліку витрати електроенергії у квартирах встановлюють у щитках на сходових приміщеннях. Застосовують два типи щитків: тип ЩУН призначений для встановлення у стінових нішах (щиток повністю металевий з розмірами, мм: висота – 500, ширина – 280, глибина – 130); тип ЩУС – настінний (металевий або пластмасовий). У щитку будь-якого типу встановлені лічильники і пакетні вимикачі.

Для живлення електричних плит необхідні окремі щитки.

Внутрішньоквартирна електрична мережа – однофазна. Живлення її електроенергією здійснюють відгалуженням від вертикального стояка через пакетний вимикач. Електромережу квартир виконують прихованою. Кількість штепсельних розеток у квартирах встановлюють за нормами.

Електричні мережі промислових підприємств бувають ізольованими (кабелі і ізольовані провідники) і неізольованими (алюмінієві, мідні і сталеві провідники та шини). Ізольовані провідники виконують захищеними і незахищеними.

Шинопроводи виконують відкритими, закритими і захищеними. Шинопровід є комплексною електричною мережею, складеною з окремих секцій, які поєднані між собою зварюванням, болтовими та іншими з'єднаннями.

Прокладання кабелів усередині промислового будинку здійснюють у каналах, трубах, лотках на стінах, стелі та інших будівельних конструкціях.

Відкрите прокладання проводів на роliках та ізоляторах є найпростішим і найдешевшим, але не забезпечує захисту від механічних пошкоджень.

Освітлення промислових будинків поділяють на робоче, аварійне евакуаційне, охоронне. Переважно передбачають дві системи освітлення: загальне (рівномірне або локалізоване освітлення) і комбіноване (до загального освітлення додають місцеве).

5.2. СИСТЕМИ ТЕПЛОПОСТАЧАННЯ БУДИНКІВ

Теплопостачання будинків – це сукупність трьох взаємопов'язаних процесів: підготовка теплоносія, транспортування теплоносія і використання теплового потенціалу теплоносія.

Система теплопостачання містить: **джерело теплоти, трубопроводи, теплоспоживальну мережу.**

Системи теплопостачання залежно від взаємного розташування джерела і споживачів теплоти поділяють на *централізовані, центральні і місцеві.*

Місцевими називають системи, в яких три основні ланки об'єднані і знаходяться або в одному приміщенні, або у суміжних приміщеннях (наприклад, газові або електричні опалювальні печі).

Центральною називають систему теплопостачання одного будинку від одного джерела теплоти (наприклад, система опалення будинку від будинкової або окремої котельні).

Централізованою називають систему, коли теплота від одного джерела (ТЕЦ, районної котельні) подається до багатьох будинків.

Радіус дії районних котельень 2...3 км, а ТЕЦ – 10...15 км.

За видом теплоносія системи теплопостачання поділяють на **одно-**, **дво-** і **багатотрубні**.

Районна котельня може бути *паровою* або *водогрійною*, тобто в ній можуть бути встановлені парові або водогрійні котли. Схема теплопостачання від водогрійної котельні зображена на рис. 5.1.

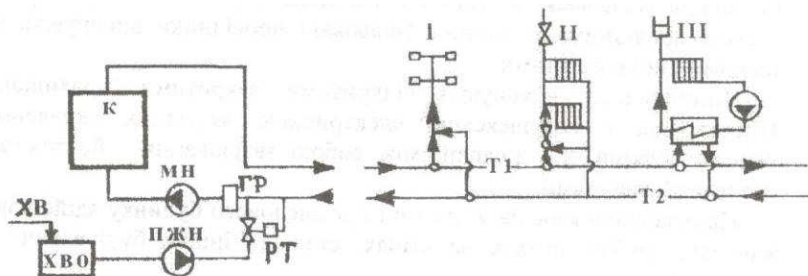


Рис. 5.1. Схема двотрубної системи теплопостачання від водогрійної районної котельні:

I – система гарячого водопостачання; *II* – елеваторна система опалення;

III – незалежна система опалення;

К – котел; *МН* – мережевий насос; *ПЖН* – підживлювальний насос; *ГР* – грязьовик;
ХВО – хімводоочищення; *Т1, Т2* – відповідно трубопровід гарячої і охолодженої води;
ХВ – міський водопровід холодної води; *РТ* – регулятор тиску

В установці *ХВО* приготровляють воду для заповнення мережі і її підживлення. Видалення з води кисню, вуглекислоти і нерозчинних домішок запобігає виникненню корозії, утворенню накипу і забрудненню системи.

Теплофікацією називають централізоване теплопостачання на базі комбінованого вироблення електричної і теплової енергії. Централізоване теплопостачання від ТЕЦ економічніше, ніж від районних котельень (витрата палива удвічі, втричі менша). Принципова схема теплопостачання від ТЕЦ зображена на рис. 5.2.

З котлів *К* пара під високим тиском надходить в парову турбінку *Т*, обертає її робоче колесо і поєднаний з ним ротор генератора електричного струму *Г*. Тиск пари в турбіні падає і на виході з неї становить 0,003...0,004 МПа. У турбіні ТЕЦ не вся пара з таким тиском надходить в конденсатор *КД*. Частину пари з тиском 0,25...0,06 МПа з турбін направляють у паровий водонагрівник для нагрівання охолодженої води теплової мережі.

Для одержання води з температурою 150°C і вище застосовують нагрівання її в пікових водонагрівниках (ПВ) або в водонагрівальних котлах, які встановлені послідовно за ходом води після водонагрівників *В*.

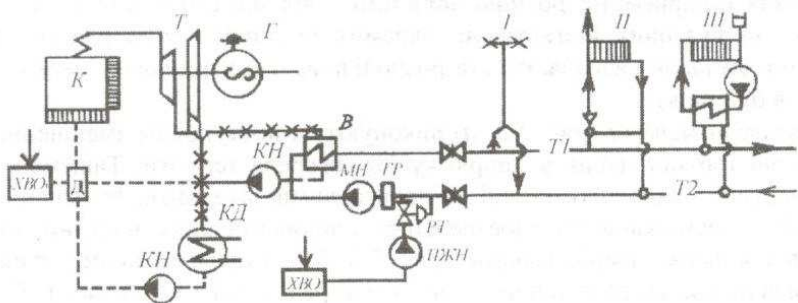


Рис. 5.2. Принципова схема теплофікації для теплоносія води:

К – паровий котел; *Т* – турбіна; *Г* – електрогенератор; *В* – водонагрівник паровий;
КД – конденсатор; *КН* – конденсатний насос; *МН* – мережевий насос;
ХВО – хімводоочищення; *ПЖН* – підживлювальний насос; *РТ* – регулятор тиску;
ГР – грязьовик; *Т1, Т2* – відповідно трубопровід гарячої і охолодженої води; *Д* – деаератор

Пікові нагрівники застосовують тільки при низьких температурах зовнішнього повітря; як теплоносії для них використовують пару безпосередньо з котлів, пропускаючи її через редуційно-охолоджувальні установки (РОУ) або пару з верхніх регульованих відборів теплофікаційних турбін.

5.2.1. Теплові мережі. Способи прокладання теплопроводів. За кількістю паралельно прокладених теплопроводів теплові мережі можуть бути одно-, дво- і багатотрубними. В **однотрубних мережах** теплоносії після систем опалення і вентиляції повинен повністю використатись для гарячого водопостачання. В **тротрубних мережах** дві труби використовують для подавання теплоносія з різними потенціалами, а третю трубу – як загальну зворотну. В **чотиритрубних мережах** одна пара теплопроводів обслуговує системи опалення і вентиляції, а інша – систему гарячого водопостачання.

На сьогодні найрозповсюдженіші **двотрубні теплові мережі**, які містять *подавальний і зворотний теплопроводи* для водяних мереж і *паропровід з конденсатопроводом* для парових мереж.

Водяні теплові мережі залежно від способу приготування води для гарячого водопостачання поділяють на **закриті** і **відкриті**. У **закритих мережах** для гарячого водопостачання використовують водопровідну воду, яку нагрівають мережевою водою у водонагрівниках. Після цього мережеву воду повертають у ТЕЦ чи в котельню. У **відкритих мережах** воду для гарячого водопостачання споживачі отримують безпосередньо з теплової мережі і після використання скидають у каналізацію.

Теплові мережі поділяють: за призначенням – на **магістральні** – від

джерела теплоти до кварталів населеного пункту і майданчиків промислових підприємств; **розподільовальні** – від магістральних теплових мереж до вузлових відгалужень до окремих будинків (*відгалуження до окремих будинків* визначають від розподільовальних теплових мереж до вводу в будинок).

Радіальні мережі (рис. 5.3, а) виконують з поступовим зменшенням діаметрів теплопроводів у напрямку від джерела теплоти. Такі мережі найпростіші і найекономічніші за початковими затратами. Їх основний недолік – неможливість забезпечення теплопостачання частини абонентів у випадку аварії; *кільцеві* (рис. 5.3, б) - з прокладанням у район споживачів від джерела теплоти двох магістралей, які з'єднують у районі розташування споживачів (у цьому випадку у кожному з двох віток мережі теплоносій може надходити з двох боків, що важливо у випадку аварії).

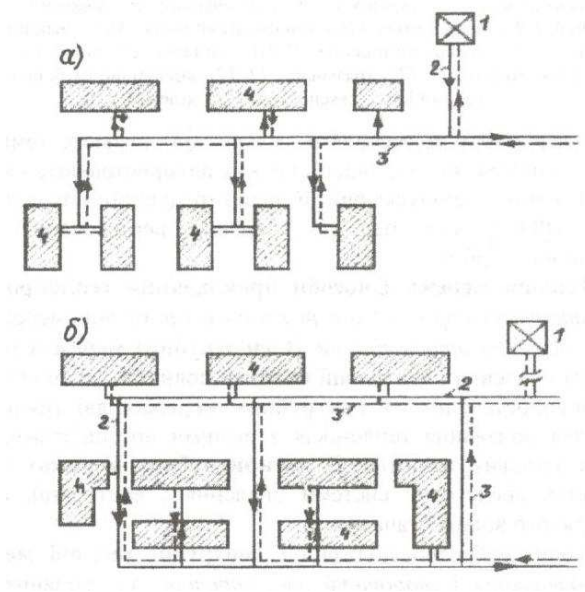


Рис. 5.3. Конфігурація теплових магістральних мереж:

а – тупикова; б – кільцева;

1 – джерело теплоти; 2 – магістралі; 3 – розподільовальні тепломережі;

4 – внутрішньоквартальні мережі

Трасування теплових мереж необхідно передбачати в районах найбільшого теплового навантаження з врахуванням існуючих підземних і надземних споруд, даних про склад ґрунту і рівень ґрунтових вод, у відведених для інженерних мереж технічних смугах, паралельно до червоних ліній вулиць, доріг, за межами проїжджої

частини і смуги зелених насаджень. При цьому треба прагнути до прокладання найкоротшої траси.

Прокладають теплопроводи *підземним* або *надземним* способами.

Підземне прокладання теплопроводів здійснюють у *прохідних, вентилязованих напівпрохідних і непрохідних каналах або без каналів (безканальне прокладання)*.

Теплові мережі можна прокладати у загальних колекторах спільно з іншими комунікаціями, а також у технічних коридорах підвалів і технічних підпіллях будинків.

Надземне прокладання теплопроводів рекомендується при високому рівні ґрунтових вод, в умовах вічної мерзлоти, на заводських майданчиках. У цьому випадку труби прокладають на естакадах, стійках ($H = 2...3$ м), низьких опорах ($H = 0,5...2$ м), на стінах будинків.

У вітчизняній практиці найчастіше теплопроводи прокладають у непрохідних залізобетонних каналах (рис. 5.4, *а*).

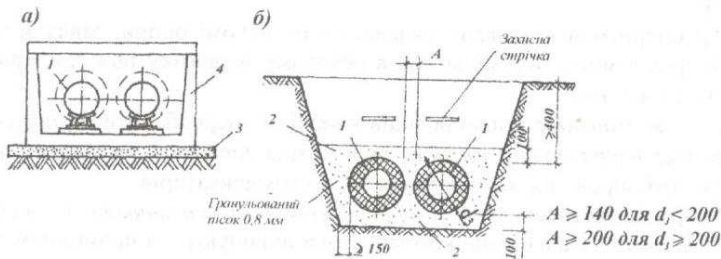


Рис. 5.4. Підземне прокладання теплопроводів:

- а* – у залізобетонному непрохідному каналі; *б* – безканальним способом;
1 – теплопровід; 2 – пісок, вільний від камення і предметів з гострими кінцями;
3 – пісок; 4 – непрохідний залізобетонний канал

Під проїздами з інтенсивним вуличним рухом, під залізничними шляхами застосовують напівпрохідні канали висотою до 1600 мм з шириною проходу між трубами 400...500 мм.

Найраціональнішим, але одночасно і дорогим, є прокладання теплопроводів у прохідних каналах і колекторах спільно з іншими комунікаціями (водопроводом, кабелями, газопроводами з тиском до 0,6 МПа). У таких каналах треба передбачати природну або механічну вентиляцію, яка забезпечить у момент перебування людей в каналі температуру не вище 40°C. Висота прохідного каналу не менше 1800 мм. На трасі прохідного каналу через кожні 300 м встановлюють люки з відкидними драбинами.

Найдешевший спосіб прокладання теплових мереж – безканальний (рис. 5.4, *б*), для якого на 30...40% нижча будівельна вартість тепло-

мережі, значно зменшуються затрати праці і будівельних матеріалів. Але й для цього способу за певних умов необхідно прокладати теплові мережі у непрохідних каналах (наприклад, в місцях розташування зігнутих компенсаторів, входу-виходу теплопроводів з теплофікаційної камери). Безканальне прокладання застосовують у *монолітній, засипній або заливній ізоляції*.

Для забезпечення дренажу води, яка проникає в канали, передбачають похил їхнього дна не менше ніж 0,002.

Для обслуговування трубопровідного обладнання каналних мереж і врізання відгалужень теплової мережі передбачають *теплофікаційні камери* (переважно збірні залізобетонні). В них розташовують компенсатори, нерухомі опори, запірну арматуру, врізку відгалужень від теплової мережі. Розміри камер повинні бути достатніми для обслуговування і ремонту встановленої в них арматури і компенсаторів. Висота камери не менше 1800 мм. Для опускання у камеру в її перекритті передбачають люк діаметром 0,7 м і встановлюють ходові скоби.

Трубопроводи в каналах укладають на рухомі опори, завдяки чому трубопровід може переміщатись в осьовому напрямку при температурних видовженнях.

Під час монтажу теплопроводів необхідно передбачити *компенсацію їх температурного видовження*, якої можна досягнути як завдяки поворотам трубопроводів, так і встановленню компенсаторів.

Широко застосовують *зігнуті (П-подібні), сальникові і хвилясті компенсатори*. Сальникові компенсатори виконують за принципом телескопічної труби з ущільнювальною сальниковою набивкою, їх розташовують тільки в теплофікаційних камерах.

Під час підземного прокладання для встановлення П-подібних компенсаторів передбачають компенсаторні ніші, які є місцевим розширенням каналів, що перекривають зверху залізобетонними плитами. Компенсатори встановлюють на прямолінійних ділянках трубопроводів між двома нерухомими опорами.

5.2.2. Приєднання споживачів до теплових мереж. Теплоспоживальні системи приєднують до теплових мереж у теплових пунктах. Для цього використовують дві принципово відмінні схеми – *залежну і незалежну*. Схеми приєднання систем до водяної теплової мережі зображені на рис. 5.5.

Залежну схему приєднання системи опалення без змішування води (рис. 5.5, *а*) застосовують у випадках, коли температура поверхні нагрівальних приладів необмежена, а також систем повітряного опалення. Недоліком системи є передавання тиску мережевої води на нагрівальні прилади, тому схема прийнятна, коли тиск у мережі не перевищує допустимого тиску нагрівальних приладів (0,6...0,9 МПа –

для чавунних радіаторів і 1 МПа – для сталевих конвекторів).

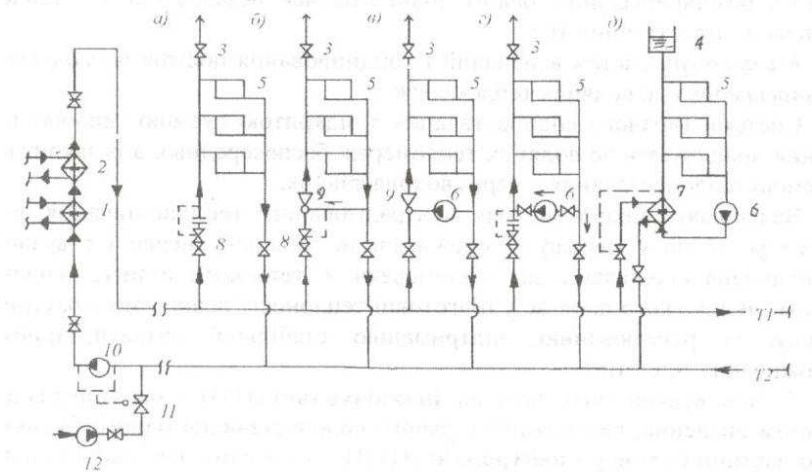


Рис. 5.5. Схеми приєднання систем опалення до водяної теплотимемережі:

$T1$, $T2$ – подавальна і зворотня лінії теплотимемережі;

1 – теплофікаційний нагрівник, 2 – піковий котел; 3 – повітряний кран;

4 – розширювальний бак; 5 – опалювальний прилад; 6 – насос; 7 – водонагрівник;
8 – регулятор витрати; 9 – елеватор; 10 – мережевий насос; 11 – регулятор підживлення;
12 – підживлювальний насос

Залежну схему приєднання з елеватором для підмішування води (рис. 5.5, б) застосовують для житлових і громадських будинків до 12 поверхів. Змішану в елеваторі воду потрібної температури подають у систему опалення (СО). Для нормальної роботи елеватора різниця тисків в подавальному і зворотному трубопроводах повинна становити 0,08...0,15 МПа.

Надійну циркуляцію води в СО під час аварійного відключення від теплової мережі забезпечує залежна схема приєднання зі спільним використанням елеватора і насоса на перетинці для підмішування охолодженої води (рис. 5.5, в).

Залежну схему приєднання зі встановленням насоса на перетинці для підмішування охолодженої води (рис. 5.5, г) застосовують у випадках, коли різниця тисків в подавальному і зворотному трубопроводах недостатня для роботи елеватора (менше ніж 0,08 МПа).

Приєднання за **незалежною схемою** (за допомогою теплообмінного апарата – водонагрівника) (рис. 5.5, д) застосовують для будинків вище ніж 12 поверхів для захисту місцевої СО від недопустимо високого тиску у тепловій мережі або захисту теплової мережі від недопустимо

високого тиску в СО окремих будинків. Для цього місцеву СО обладнують розширювальним баком, який створює незалежний від тепломережі гідростатичний тиск.

Калорифери систем вентиляції і кондиціювання повітря *приєднують безпосередньо* до водяних тепломереж.

Системи гарячого водопостачання з відкритою схемою теплопостачання приєднують до водяних тепломереж безпосередньо, а із закритою схемою теплопостачання – через водонагрівник.

Важливою ланкою систем централізованого теплопостачання, яка пов'язує теплову мережу зі споживачами теплової енергії і є вузлом приєднання споживачів до тепломережі, є **тепловий пункт**, основне призначення якого полягає у підготовці теплоносія певної температури і тиску, його регулюванню, підтриманню стабільної витрати, обліку споживання теплоти.

Теплові пункти поділяють на: **індивідуальні** (ІТП) – для приєднання систем опалення, вентиляції і гарячого водопостачання одного будинку або частини будинку і **центральні** (ЦТП) – те ж саме для двох і більше будинків.

Основне обладнання теплових пунктів: елеватори, водонагрівники, насоси, акумулятори гарячої води, обладнання підготовки води, прилади контролю і автоматики.

Схема ІТП з залежним приєднанням СО до тепломережі зображена на рис. 5.6.

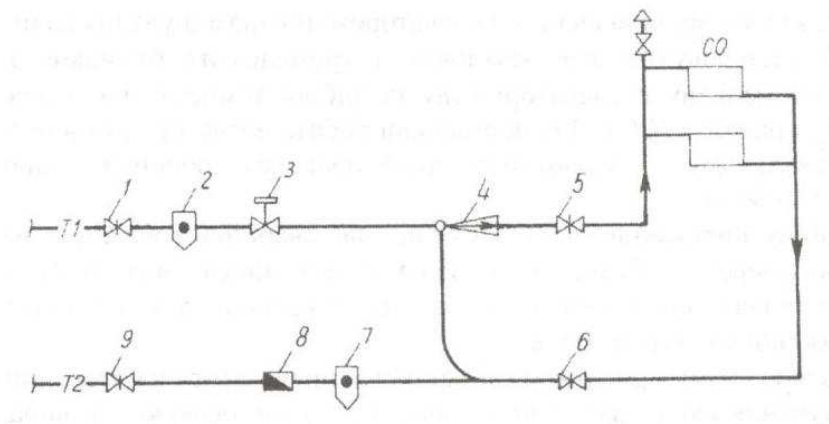


Рис. 5.6. Схема індивідуального теплового пункту з залежним приєднанням СО до теплової мережі:

1, 5, 6, 9 – засувки; 2, 7 – грязьовики; 3 – регулятор витрати;
4 – елеватор; 8 – водомір; СО – система опалення

5.3. СИСТЕМИ ГАРЯЧОГО ВОДОПОСТАЧАННЯ БУДИНКІВ

Гаряче водопостачання (ГВ) містить приготування, транспортування і подавання гарячої води із заданою температурою до водорозбірних кранів. Розрізняють *побутове, комунальне і виробниче споживання гарячої води*.

Якість гарячої води для господарсько-побутових потреб повинна відповідати вимогам, які ставляться до якості питної води.

Залежно від місця розташування джерела приготування гарячої води системи ГВ поділяють на *централізовані і місцеві*. В **місцевих системах ГВ** приготування гарячої води та її споживання відбувається в одному місці. Гарячу воду готують у малогабаритних генераторах теплоти (газові і електричні водонагрівники, водогрійні колонки, які встановлюють у ванних кімнатах і кухнях житлових будинків).

У **централізованих системах ГВ** приготування гарячої води відбувається в одному центрі, наприклад, в центральному (ЦТП) або індивідуальному (ІТП) тепловому пункті, а її транспортування до багатьох споживачів відбувається трубопроводами.

Температура гарячої води у місцях водорозбору повинна бути не нижче ніж 60°C для систем централізованого ГВ з безпосереднім забором води з тепломережі, не нижче ніж 50°C – для закритих систем теплопостачання і не вище ніж 75°C – в інших випадках.

Підтримання біля водорозбірних кранів потрібної температури води досягається її постійною циркуляцією у системі. Наявність циркуляції дозволяє використати систему ГВ для опалення ванних приміщень, у яких температура повітря повинна бути вищою, ніж в інших кімнатах квартири. Для цього в контур системи ГВ включають протічні змішувачі з металеві труби.

Можливі такі принципові схеми приєднання *системи ГВ* до тепломережі через водонагрівники: **без бака-акумулятора; з верхнім баком-акумулятором; з нижнім баком-акумулятором**.

Призначення баків-акумуляторів: вирівнювання добового графіку споживання гарячої води і резервування на випадок перерви у подаванні.

При встановленні баків-акумуляторів водонагрівник розраховують не на максимальну годинну витрату води, а на середньодобову.

Баки-акумулятори передбачають для тих споживачів, для яких недопустимі перерви у подаванні гарячої води (лікарні, готелі, лазні тощо).

У схемі без бака-акумулятора підігрівник і трубопроводи повинні бути підібрані з розрахунку максимуму водоспоживання.

Схема системи ГВ з безпосереднім водорозбором з теплової мережі зображена на рис. 5.7. Такі схеми застосовують для систем ГВ промислових об'єктів та інших об'єктів населених пунктів. Переваги таких схем: простота абонентського введення, запобігання внутрішньої корозії (вода

підготовлена у ТЕЦ чи котельні).

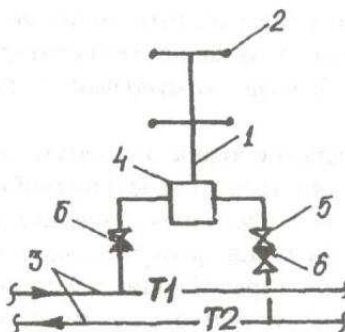


Рис. 5.7. Схема системи ГВ з безпосереднім водорозбором з теплової мережі:

1 – мережа ГВ; 2 – водорозбірні крани; 3 – трубопроводи тепломережі; 4 – змішувач;
5 – відключаюча арматура; 6 – зворотний клапан

Безпосереднє забирання води з тепломережі та її безповоротне витрачання викликає різке збільшення кількості підживлювальної води на ТЕЦ чи у районній котельні.

Схеми системи ГВ можуть бути тупиковими і з циркуляційними трубопроводами; при висоті будинку до чотирьох поверхів циркуляцію передбачають тільки в розвідних трубопроводах, а при більшій поверховості – і в стояках.

У багатоповерхових будинках (понад 16 поверхів) статичний тиск води в нижніх точках системи перевищує допустимі границі для водорозбірної арматури (0,6 МПа). Тому в таких будинках передбачають декілька незалежних систем ГВ.

*Залежно від схеми прокладання подавального розвідного трубопроводу системи ГВ можуть бути з **верхнім розведенням** (по горищу, або під стелею приміщень верхнього поверху) і з **нижнім розведенням** (у підвалі або в підпільному каналі нижнього поверху).*

Схему розведення трубопроводів вибирають з врахуванням планувальних рішень будинку, його поверховості і місцевих умов будівництва.

Як теплоносії для водонагрівників ГВ використовують як підігріту воду з тепломережі, так і пару.

На рис. 5.8 зображена схема системи ГВ від парового котла з відкритим баком-акумулятором, який встановлений на горищі у спеціальному приміщенні і автоматично поповнюється холодною водою з водопроводу. Бак є одночасно і необхідною ємністю для зберігання аварій

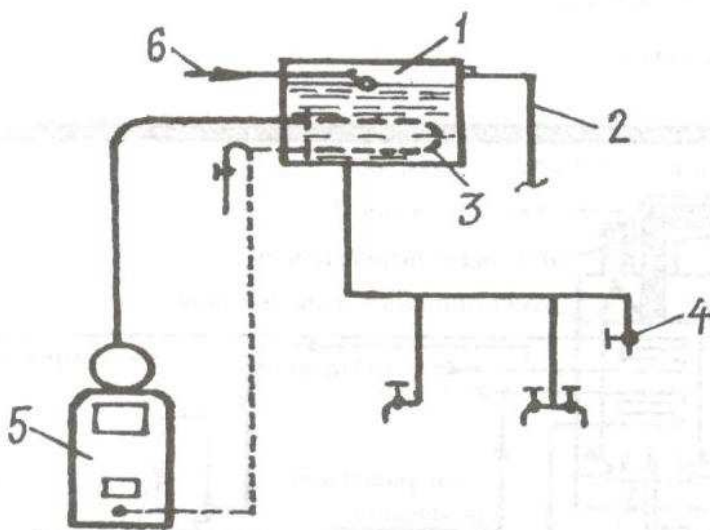


Рис. 5.8. Схема гарячого водопостачання від парового котла з баком-акумулятором на горищі:

- 1 – бак-акумулятор; 2 – переливна труба у каналізацію; 3 – змійовик з труб;
4 – водорозбірні крани гарячої води; 5 – паровий котел;
6 – водопровід холодної води

ного запасу гарячої води. Нагрівання води у баках може бути не тільки за допомогою змійовиків, які розташовують у нижній їх частині, але й безпосереднім випусканням пари у холодну воду через ежектор або дірчасту трубу (під час цього виникає шум).

Баки-акумулятори поділяють на два типи: **безнапірні** (відкриті) і **напірні** (герметичні). Вони працюють за принципом витіснення гарячої води холодною.

Встановлюють баки-акумулятори в утепленому і освітленому приміщенні висотою не менше 2,2 м з достатньою вентиляцією і додатною температурою повітря приміщення у холодний період не нижче $+5^{\circ}\text{C}$.

Для систем ГВ застосовують сталеві оцинковані труби або труби з термостійких пластмас (за умови, що вони не погіршують якість гарячої води). Для видалення повітря з системи ГВ їхні горизонтальні розвідні і циркуляційні трубопроводи прокладають з похилом не менше ніж 0,002. Арматуру для систем ГВ діаметром до 50 мм включно застосовують тільки бронзову, латунну або з термостійких пластмас.

На рис. 5.9 наведена одна з можливих схем систем ГВ однородинного будинку.

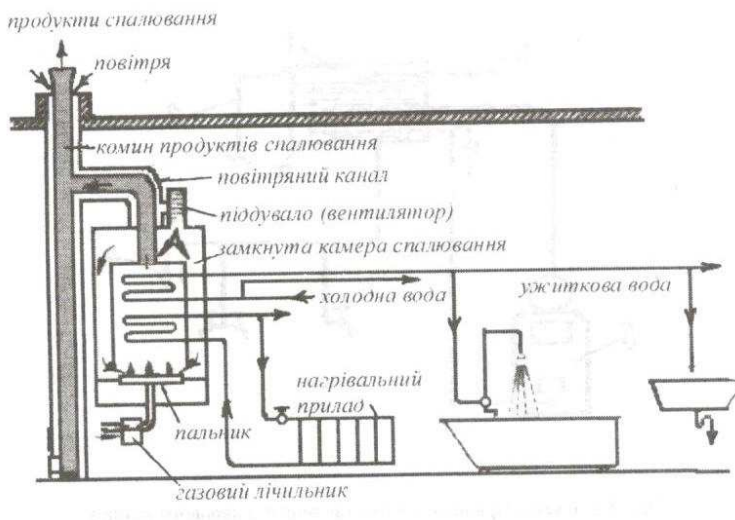


Рис. 5.9. Схема системи гарячого водопостачання одноповерхового будинку з газовим навісним водонагрівником.

5.4. ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ ПРО КОТЕЛЬНІ УСТАНОВКИ СИСТЕМ ТЕПЛОПОСТАЧАННЯ БУДИНКІВ

Котельною установкою називають комплекс пристроїв, призначених для вироблення теплової енергії у вигляді гарячої води або пари. Основною складовою частиною цього комплексу є **котел** (рис. 5.10, 5.11, 5.12).

Залежно від того, з якою метою використовується теплова енергія, *котельні установки* поділяють на *енергетичні, опалювально-виробничі* і *опалювальні*.

Енергетичні котельні постачають пару до паросилових установок, які виробляють електроенергію, і звичайно входять до комплексу електричної станції. **Опалювально-виробничі котельні** споруджують на промислових підприємствах, вони забезпечують тепловою енергією системи технології, опалення, гарячого водопостачання будинків та технологічні процеси виробництва. **Опалювальні котельні** призначені для тієї самої мети, але обслуговують житлові і громадські будинки.

За розміщенням на генеральному плані котельні поділяють на **окремі, прибудовані** і **вбудовані** в будинки іншого призначення. **Не допускається** прибудова котельень до житлових будинків, дитячих закладів, шкіл, лікарень і поліклінік. Дозволяється розташовувати котельні на покрівлях і в горищних приміщеннях житлових та громадських будинків

і споруд висотою до 10-ти поверхів (рис. 5.13, 5.14) з використанням газових водогрійних котлів при температурі води до 115°C і одиничній продуктивності до 2,9 МВт. Загальна продуктивність котельні не повинна перевищувати 3,48 МВт.

Не допускається розташування дахових котельень безпосередньо над приміщеннями громадського призначення з масовим перебуванням людей, над складами займистих матеріалів і приміщеннями з вибухо-небезпечними зонами.

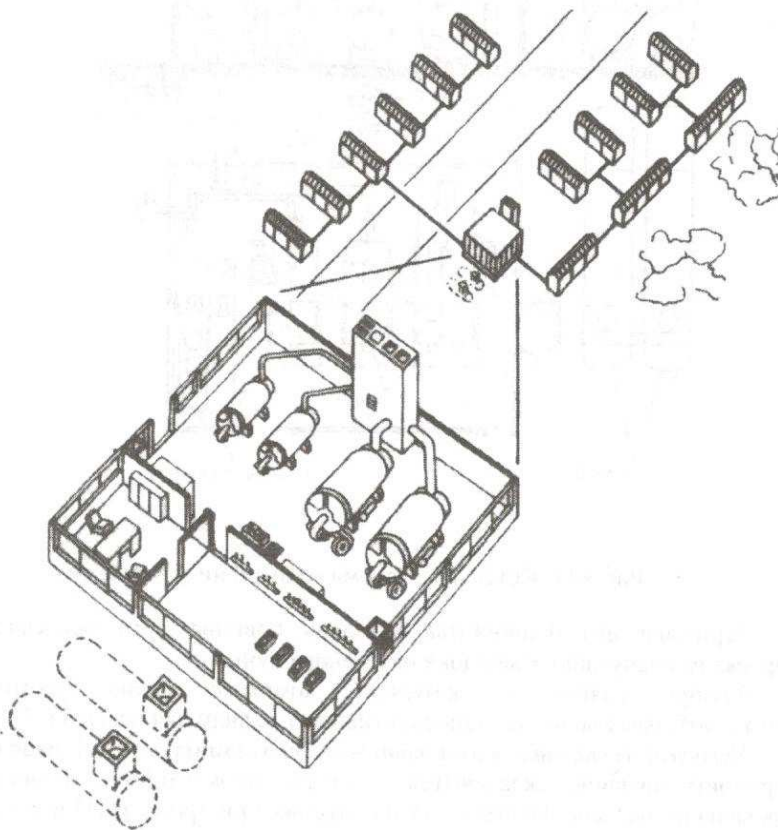


Рис. 5.10. Блокова котельня для опалення групи житлових і адміністративних будинків

Прибудовані та вбудовані котельні дозволяється використовувати при застосуванні котлів з тиском пари до 0,17 МПа і температурою води до 115°C . Максимальна потужність вбудованих котельень не повинна

перевищувати: при роботі на рідкому і газовому паливі 3,5 МВт, на твердому паливі – 0,6...1,7 МВт. **Не допускається** розташовувати котельні під основними приміщеннями громадських будинків. Окремі котельні доцільно розташовувати в центрі теплових навантажень з врахуванням рожі вітрів.

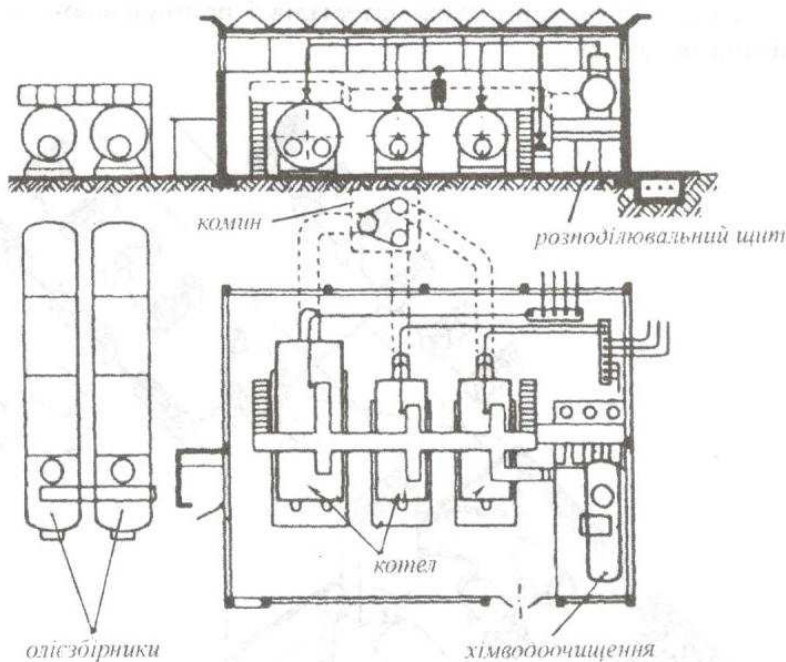


Рис. 5.11. Котельня з трьома водогрійними котлами

Територія для будівництва котельень повинна бути пов'язана з проектом планування і забудови населеного пункту.

Розміри ділянки під котельний комплекс можна орієнтовно визначити залежно від теплопродуктивності і виду палива (табл. 5.1).

Котельні установки малої потужності (індивідуальні і невеликі групові) звичайно складаються з котлів, циркуляційних і підживлювальних насосів, фільтрів і тягодуттєвих пристроїв, засобів автоматизації.

Котельні установки середньої і великої потужності, крім котлів, насосів і тягодуттєвих пристроїв, мають додаткові поверхні нагрівання (економізатор і повітрянагрівник), обладнання для водопідготовки, теплообмінники, засоби автоматизації тощо.

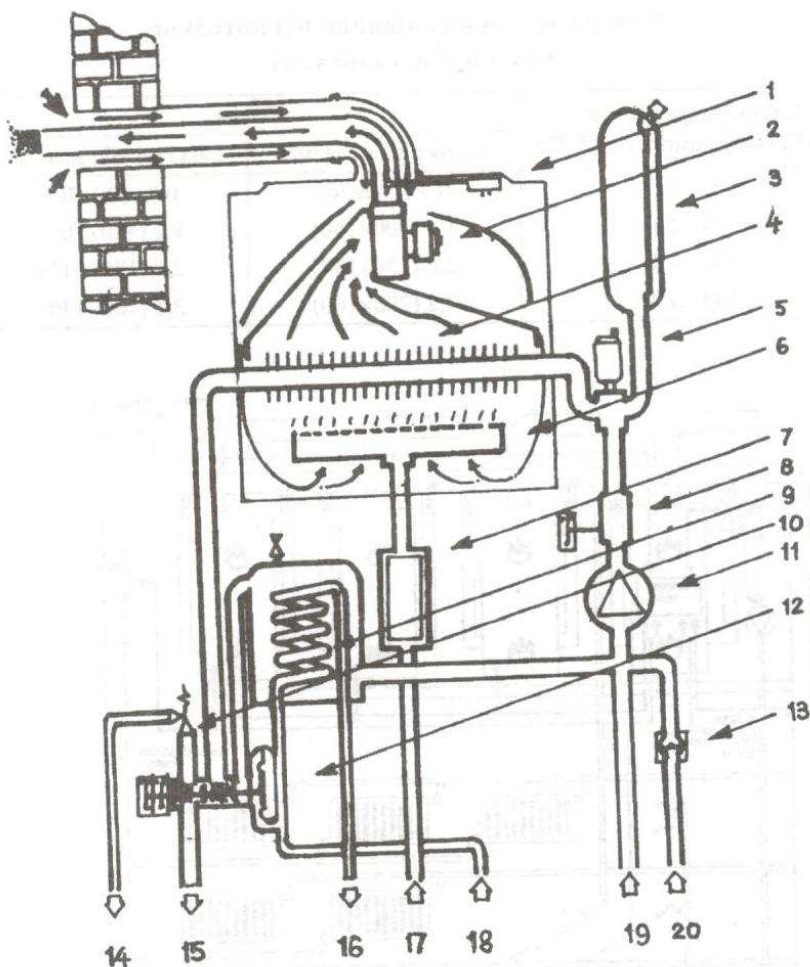


Рис. 5.12. Схема опалювального котла квартирного тепlopостачання фірми "PROTHERM":

1 – маностат; 2 – витяжний вентилятор; 3 – розширювальний бак; 4 – теплообмінник (продукти згоряння – вода); 5 – повітряний вентиль; 6 – пальник; 7 – система газових вентилів; 8 – протічний вимикач; 9 – теплообмінник (вода – вода); 10 – запобіжний клапан; 11 – циркуляційний насос; 12 – триходовий вентиль; 13 – вентиль заповнення системи тепlopостачання холодною водою; 14 – скидний трубопровід від запобіжного клапана; 15 – гаряча вода на опалення; 16 – вихід теплої технічної води; 17 – газопровід; 18 – підведення холодної технічної води; 19 – охолоджена вода з системи опалення; 20 – підживлення системи тепlopостачання холодною водою питної якості

Таблиця 5.1

**Розміри земельних ділянок під котельні
комплекси, га (а×в, м)**

Теплопродуктивність котельного комплексу, МВт	Котли	
	на твердому паливі	на газі або мазуті
5...10	0,7 (100×70)	0,7 (100×70)
10...50	1,5 (100×150)	1,2 (120×100)
50...100	2,6 (150×180)	2,0 (180×115)
100...200	3,2 (200×160)	2,5 (180×140)

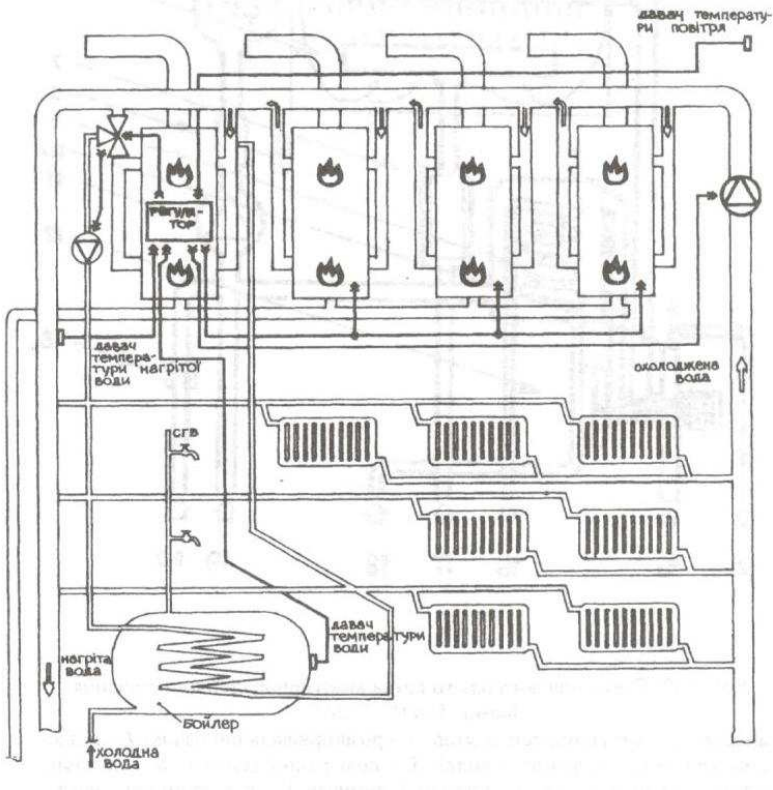


Рис. 5.13. Схема системи тепlopостачання будинку від дахової
опалювальної котельні з навісними котлами "PROTHERM"

Розташування котлів і допоміжного обладнання в котельних, а також влаштування майданчиків і сходів для обслуговування обладнання, незалежно від параметрів теплоносія, повинно задовольняти вимоги Держохоронпраці.

В опалювальних котельнях малої і середньої потужності переважно застосовують водогрійні котли різних типів і конструкцій. Основними показниками водогрійного котла є теплова потужність, тобто теплопродуктивність, і температура води.

Залежно від категорії надійності вибирають тип і кількість котлоагрегатів в котельні.

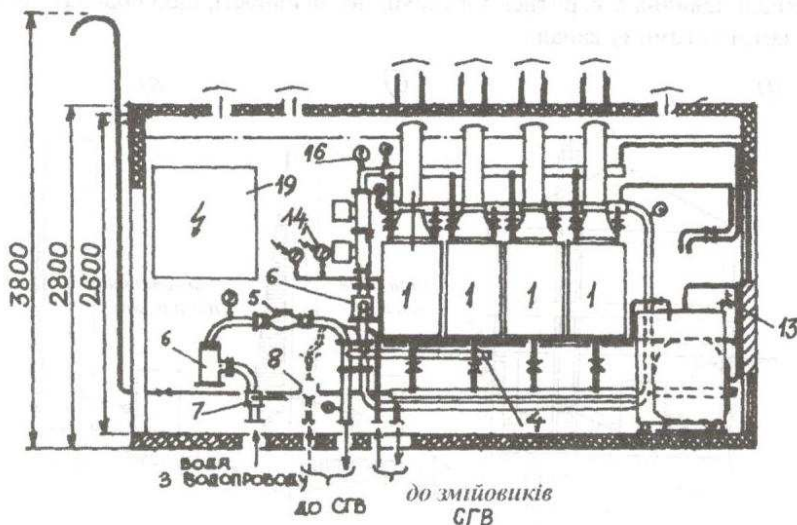


Рис. 5.14. Схема перерізу транспортальної дахової опалювальної котельні типу "Термо":

- 1 – навісні газові котли; 4 – теплообмінник; 5 – зворотний клапан; 6 – грязьовик;
7 – засувка; 8 – циркуляційний насос СГВ; 9 – розширювальний бак мембранного типу;
13 – запобіжний клапан; 14 – манометр; 16 – термометр; 19 – електрошкафа

Котельні за надійністю відпускання теплоти споживачам належать до **першої категорії**, якщо вони становлять єдині джерела теплоти в системі тепlopостачання і забезпечують споживачів першої категорії надійності, які не мають індивідуальних резервних джерел теплоти. До **другої категорії** відносять всі інші котельні.

У котельні доцільно встановлювати однотипні котли з однаковою

продуктивністю. В котельнях першої категорії надійності передбачають встановлення не менше двох котлів, в котельнях другої категорії – одного котла.

Важливим елементом котельних установок є **димові труби**. Призначенням димової труби або каналу є видалення продуктів спалювання, а для котлів з природною тягою – одночасне засмоктання повітря, необхідного для спалювання палива (рис. 5.15, а). Природна тяга виникає завдяки різниці маси стовпа продуктів спалювання всередині каналу і такого ж стовпа зовнішнього повітря (рис. 5. 15, б, в). При використанні котлів з природною тягою (рис. 5.15, а, б) в димовому каналі повинна створитись тяга такої інтенсивності, щоб подолати опори в котлі та самому каналі.

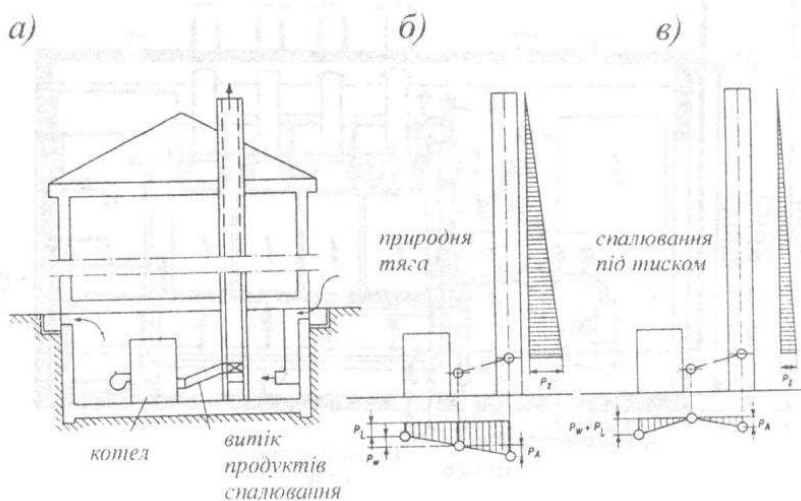


Рис.5.15. Схема котельні однородинного будинку (а) і розподілення тисків в котлі і тракті видалення продуктів спалювання:

б – для природної тяги; в – для вентиляторного нагнітання повітря в паливник котла

Для збільшення природної тяги рекомендуються насадки різної форми, які встановлюють на верхівці димового каналу (рис. 5.16).

При використанні котлів, спалювання в яких здійснюється з вентиляторним нагнітанням повітря (рис. 5.15, в), переріз димового каналу може бути меншим, ніж при природній тязі.

Штучну тягу створюють вентиляторами (рис. 5.17) і застосовують при дуже низьких температурах спалювання та при необхідності збільшення тяги для забезпечення нормальної роботи котла.

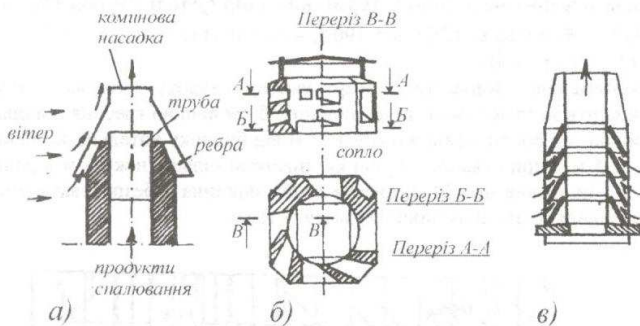


Рис. 5.16. Насадка для посилення природної тяги:

а – конічна; б – типу «Orkan»;
в – типу «Schwendilator»

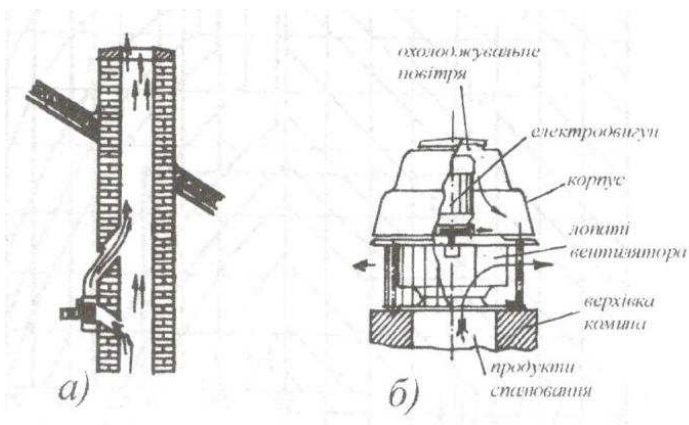


Рис. 5.17. Особливості розташування вентиляторів
для посилення тяги димового каналу:

а – радіального; б – дахового

До внутрішньостінового димового каналу можна приєднати тільки один газовий котел з тепловою потужністю до 30 кВт, один котел на твердому або рідкому паливі (тепловою потужністю до 20 кВт) або один котел будь-якої потужності з вентиляторним нагнітанням повітря.

При малих теплових потужностях газоспоживального обладнання (навісні водонагрівальні котли, печі) до одного димового каналу можна приєднати максимум три джерела теплоти, але на різних рівнях за висотою.

Залежно від температури димових газів ($t_{\text{г}}$), конструкція димових

каналів повинна мати різний **термічний опір теплопередачі** (R_K): $t_T = 140^\circ\text{C} - R_K \geq 0,65 \text{ (м}^2\text{K/Вт)}$; $t_T = 190^\circ\text{C} - R_K \leq 0,64 \text{ (м}^2\text{K/Вт)}$; $t_T = 240^\circ\text{C} - R_K = 0,12 \dots 0,21 \text{ (м}^2\text{K/Вт)}$.

Мінімально допустиму розрахункову висоту димової труби приймають за таких умов: труба повинна бути вищою гребеня покрівель будинків, які розташовані в радіусі 25 м від будинку котельні, не менше, ніж на 5 м, і при наявності будинку висотою більше ніж 15 м в радіусі 200 м – не нижче ніж 30 м; висота труби повинна забезпечувати умови розсіювання шкідливих викидів димових газів.

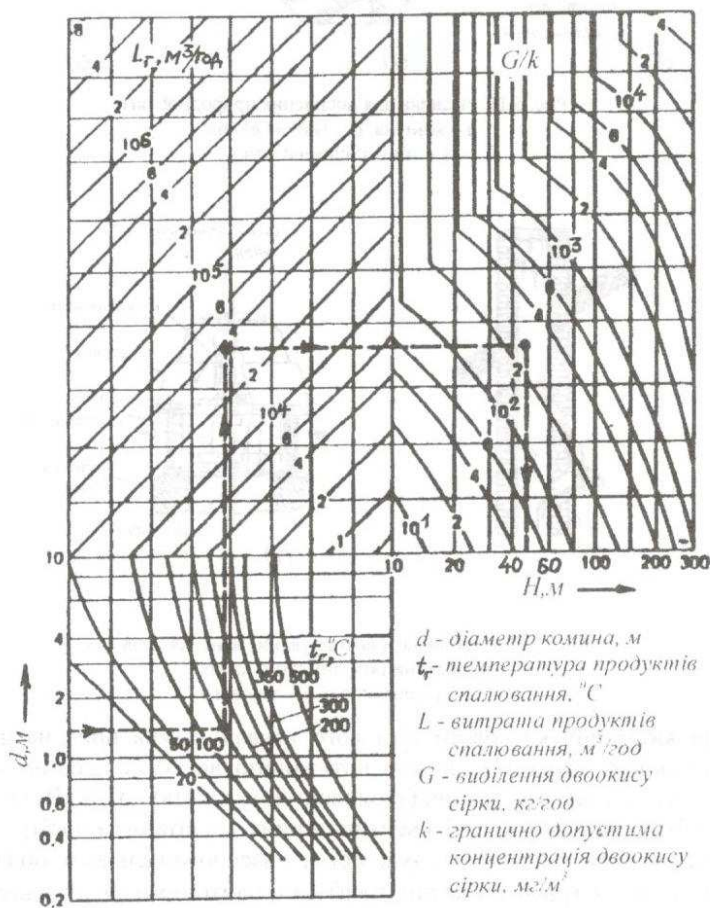


Рис. 5.18. Номограма для визначення висоти димової труби котельні

Висоту димового каналу можна визначити за номограмою (рис. 5.18). Котли приєднують до димового каналу за однією із схем (рис. 5.19), димовою трубою із тонколистової сталі.

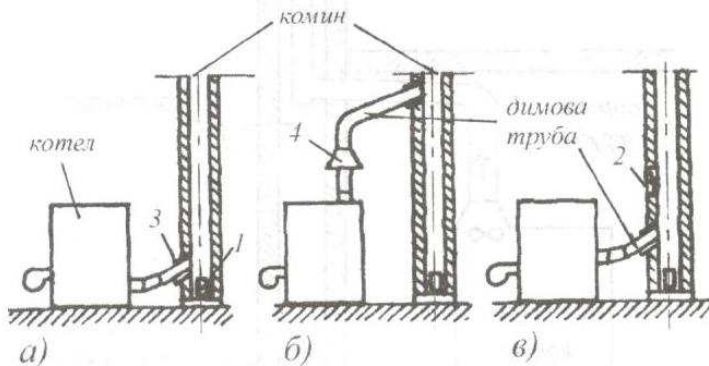


Рис.5.19. Схеми приєднання котлів до димових каналів:

1 – прочистка; 2 – обмежник тяги;
3 – патрубок; 4 – переривник тяги

Розрізняють такі конструкції димових каналів: *муровані* із звичайної або вогнетривкої кладки; *двошарові* з внутрішньою керамічною трубою; *багатошарові* (рис. 5.20); з корозійностійкої сталі або кераміки для котлів конденсаційного типу (рис. 5.21), повітряногазовий типу LAS (рис. 5.22), яким одночасно подається повітря для спалювання палива і відводяться димові гази.

Димові труби котельень *залежно від матеріалу виготовлення* повинні мати висоту: **цегляні** – 30...70 м, **металеві** – 30...40 м, **залізобетонні** – 80...200 м. Для котельні передбачають тільки одну димову трубу.



Рис. 5.20. Тришаровий димовий канал

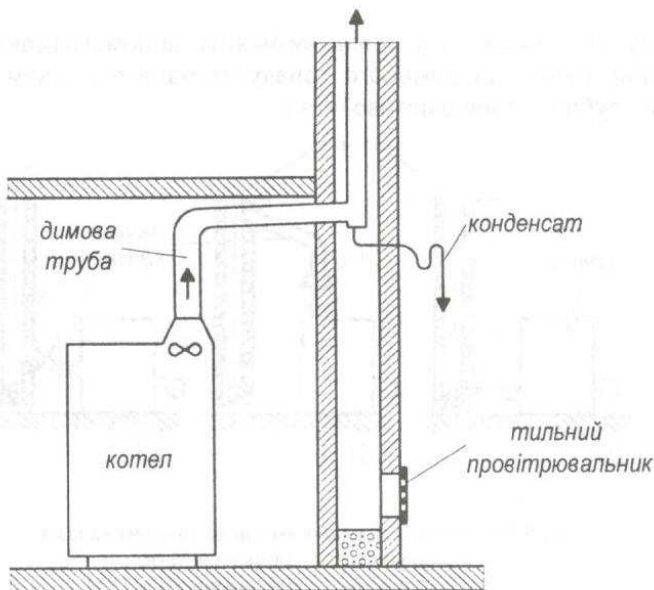


Рис. 5.21. Димовий канал з умонтованою металевою або керамічною димовою трубою (для котлів конденсаційного типу)

Короткотривала конденсація вологи в мурованих димових каналах не приносить шкоди. Однак при тривалому краплеутворенні зволожується стіна і розпадається кладка каналу. Тому димові канали від котлів конденсаційного типу повинні бути водонепроникними, анти корозійними і теплоізованими. Для відведення конденсату в їх нижній частині передбачають конденсатовідвідну трубку (рис. 5.21).

Оскільки в приміщеннях з ущільненими вікнами належить забезпечувати організований приплив зовнішнього повітря, то доцільно передбачити димовий канал, суміщений з каналом подавання повітря на спалювання палива (рис. 5.22).

Залежно від кліматинних умов котельні поділяють на *закриті*, *напівзакриті* і *відкриті*. В **закритих котельнях** все обладнання розташовують у приміщеннях, в **напівзакритих** — допоміжне обладнання (димосмокти, вентилятори, деаератори тощо) встановлюють поза будинком, а у **відкритих котельнях** захищені тільки котлоагрегати і є закриті службово-побутові приміщення.

Вбудовану в будинок котельню доцільно розташовувати в центральній частині підвалу або цокольного поверху з вікнами (даху або горища), які виходять всередину кварталу, і окремим входом з вулиці або тамбуру

сходової клітки. Перекриття і підлога вбудованих котельень повинні бути виконані з незаймистих і газонепроникних матеріалів та мати звукоізоляцію.

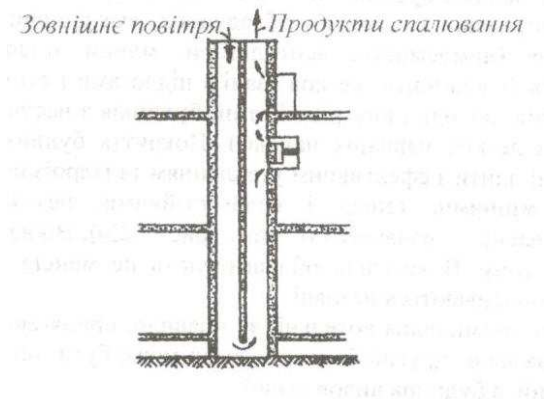


Рис. 5.22. Схема комбінованого каналу для відведення продуктів спалювання і подавання зовнішнього повітря на спалювання палива (типу LAS)

Розміри приміщень котельні визначаються габаритами розташованого в них обладнання з додержанням певних вимог щодо зручності монтажу, експлуатації та ремонту обладнання. Як правило, всі котли розташовують фронтально по прямій лінії паралельно до зовнішньої стіни з вікнами.

Проходи між котлами повинні бути не менше ніж 0,7 м. Між фронтом котлів і протилежною стіною відстань встановлюють залежно від виду палива, способу його подавання в котельню, типу котлів та їх розташування. Для котлів з механічними топками ця відстань повинна становити 2 м. При спалюванні газу і мазуту відстань від виступаючих частин пальників до стіни котельні повинна бути не менше ніж 1 м. Висота приміщення вбудованої котельні повинна становити не менше ніж 3,2 м, а до виступаючих елементів покриття – 2,6 м.

У котельнях середньої і великої потужності можуть передбачатись окремі приміщення для допоміжного обладнання (насосів, вентиляторів тощо). В опалювальних котельнях малої потужності насоси і вентилятори звичайно встановлюють перед фронтом котлів. При цьому ширина вільного проходу вздовж фронту повинна бути не менше 1,5 м.

Для обслуговування арматури і контрольно-вимірювальних приладів в котельнях передбачають майданчики і сходи з металевим поруччям висотою 1 м. Ширина сходів і майданчиків 600...800 мм.

Сучасні будинки котельень виконують, як правило, одноповерховими каркасними з прогонами одного напрямку, однакової ширини і висоти.

При необхідності розташування обладнання в декілька поверхів застосовують будинки павільйонного типу. В котельнях, де застосовують тверде паливо, будинки переважно двоповерхові.

При встановленні в котельні обладнання, яке спричиняє динамічні навантаження (димосмокти, вентилятори, млини тощо), для нього споруджують фундаменти, не пов'язані з підлогами і стінами будинків. Зовнішні стіни, цоколь і внутрішні стіни будинків з несучими колонами виконують з легких навісних панелей. Покриття будинків котельень – залізобетонні плити з ефективним утепленням та гідроізоляцією, підлоги виконують міцними, тепло- і вологостійкими, незаймистими (для дахових котельень – “плаваючого” типу (рис. 5.23)). Вікна передбачають стрічкового типу. В котельні облаштовують не менше двох вихідних дверей, які відкриваються назовні.

Службові приміщення котельні, як правило, прилягають до одного з її бокових фасадів. Другий боковий фасад може бути, при необхідності, демонтований, а будинок видовжений.

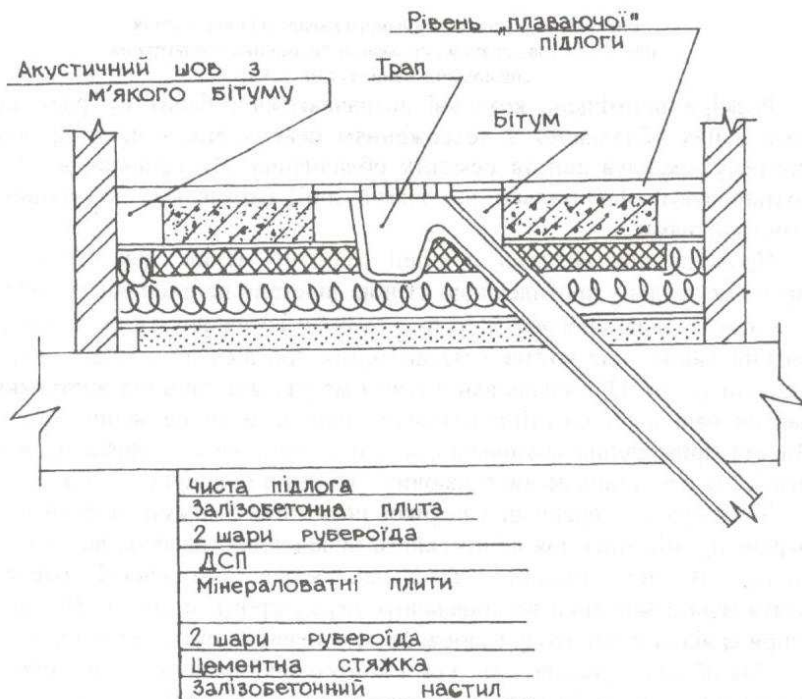


Рис. 5.23. “Плаваюча” підлога дахової котельні

5.5. СИСТЕМИ ГАЗОПОСТАЧАННЯ НАСЕЛЕНИХ ПУНКТІВ ТА ОКРЕМИХ БУДИНКІВ

Для газопостачання населених пунктів використовують: **природний газ** або **скраплений газ** (суміш пропану, бутану та ізобутану). Характерною властивістю вуглеводневих газів є відносно легкий перехід в рідкий стан за нормальної температури і при незначному підвищенні тиску. Під час зниження тиску ці гази переходять знову до газоподібного стану.

Теплота спалювання природного газу 34900...38000 кДж/м³, штучного газу 14700...18900 кДж/м³, скрапленого газу 92000...117000 кДж/м³.

Для згоряння 1 м³ природного газу з теплою спалювання 34900 кДж/м³ необхідно біля 10 м³ повітря. Під час неповного згоряння газу в повітрі приміщення підвищується концентрація отруйного чадного газу (оксиду вуглецю СО). Суттєво знижує концентрацію чадного газу нормально діюча вентиляція приміщень.

Газ у суміші з повітрям може вибухати. Щоб не утворювались вибухонебезпечні концентрації (5...15%), необхідно максимально герметизувати внутрішньобудинкову систему газопостачання. Природний газ не має запаху, тому його одоризують, тобто в нього впорскують речовини з різким запахом (наприклад, пару етилмеркаптану тощо).

Для газопостачання міст, населених пунктів і окремих об'єктів найчастіше використовують *природний газ*, який *транспортується* від газових промислів до об'єктів споживання **магістральними трубопроводами**, початковим пунктом яких є **головна компресорна станція і пункт очищення газу від шкідливих речовин**. Для транспортування газу на значні відстані на магістральних трубопроводах встановлюють **проміжні компресорні станції**. Кінцевим пунктом магістральних мереж служить **газорозподільвальна станція (ГРС)**, на якій проводиться *одоризація і знижується тиск газу* перед подаванням його в *розподільвальну мережу міста чи населеного пункту*. Продуктивність типової ГРС 300...400 тис. м³/год газу. При більшому споживанні газу містом вигідніше ставити дві ГРС з різних сторін міста, ніж дублювати одну. ГРС розташовують за межами населеного пункту у зоні площею 200...10000 м², яка не підлягає забудові.

Залежно від *максимального робочого тиску* газорозподільвальні мережі поділяють на: **низького тиску** – до 5 кПа; **середнього тиску** – 5...300 кПа; **високого тиску** – 300...600 кПа; **підвищеного тиску** – 600...1200 кПа. Зв'язок між газопроводами різних тисків відбувається через **газові регуляторні пункти (ГРП) і газорегуляторні установки (ГРУ)**, які знижують і підтримують тиск газу на заданому рівні. ГРП призначені для живлення газом розподільвальних мереж, а ГРУ – окремих споживачів. ГРП розташовують в окремо стоячих будинках або металевих вентильованих шафах; ГРУ – у приміщеннях підприємств, в

яких розташовані агрегати, які споживають газ.

Будинки для ГРП повинні відповідати вимогам виробництв категорії А: одноповерхові, I і II ступенів вогнестійкості, покриття легке, підлога з незаймистих матеріалів. Якщо ГРП прибудована до будинку, то вона повинна бути відокремлена від нього газонепроникною глухою стіною і мати самостійний вхід. Двері приміщень ГРП повинні відкриватись назовні. Якщо використані важкоскидні покрівлі, то загальна площа віконних прорізів повинна бути не менше 5000 см² на 1 м³ внутрішнього об'єму ГРП. Схема будинкового ГРП зображена на рис. 5.24.

Для нормальної роботи обладнання і контрольно-вимірювальних приладів ГРП *температура повітря у приміщенні* повинна бути не нижче ніж +5°C. Опалення водяне від теплової мережі або автономного газового теплогенератора (котел типу АОГВ або КЧМ, відокремлений капітальною стіною від приміщення, у якому встановлене обладнання і до якого передбачають окремий вхід). *Вентиляція технологічного приміщення ГРП* природна з допомогою витяжної шахти і припливної жалюзійної ґратки у нижній частині дверей.

Для газопостачання окремих житлових будинків і невеликих комунальних підприємств обладнання ГРП розташовують в металевих шафах, які встановлюють на надземних опорах на певній відстані від будинків або навішують на неспалиму і без віконних прорізів стіну будинку. Такі регуляторні пункти називають шафовими (ШРП).

Для газопостачання житлових і громадських будинків використовують *газ низького тиску*, а для промислових і великих комунальних підприємств – *газ середнього і високого тисків*.

Для газопостачання населених пунктів застосовують *одно-, дво-, три- і багатосхідчасті системи газопостачання*.

При **односхідчастій системі** (рис. 5.25, а) газ подають до споживачів тільки газопроводами одного тиску (наприклад, низького). Ці системи застосовують для газопостачання невеликих населених пунктів або окремих міських районів.

У **двосхідчастій системі** (рис. 5.25, б) газ подають до споживачів газопроводами двох тисків (середнього і низького, або високого і середнього). Нині цю систему найчастіше застосовують як у невеликих, так і у великих містах з населенням 50...250 тис. мешканців.

Трисхідчасту систему газопостачання (рис. 5.25, в) застосовують для міст з населенням понад 250 тис. мешканців і наявності промислових підприємств, які споживають газ високого тиску.

Під час проектування газових мереж застосовують *кільцеві і тупикові схеми*. **Кільцева мережа** складається з системи взаємопов'язаних кілець. Недолік кільцевих мереж – значна довжина газопроводів. Їхня перевага – висока надійність забезпечення споживачів газом.

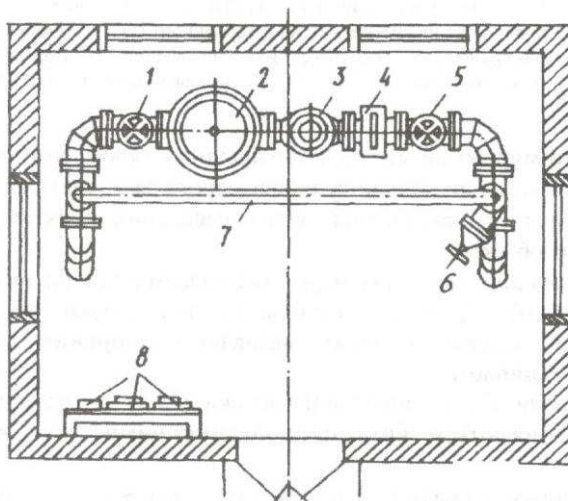
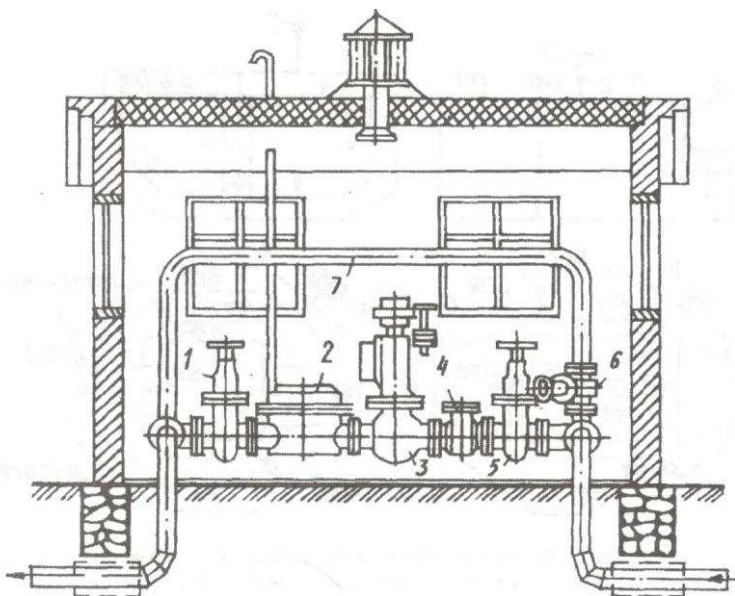


Рис. 5.24. Будинковий газорозподільвальний пункт:

1 – засувка на газопроводі пониженого тиску; 2 – регулятор тиску;

3 – запобіжно-запірний клапан (ЗЗ-К); 4 – фільтр;

5 – засувка на газопроводі підвищеного тиску;

6 – засувка на обвідному трубопроводі (байпасі); 7 – байпас

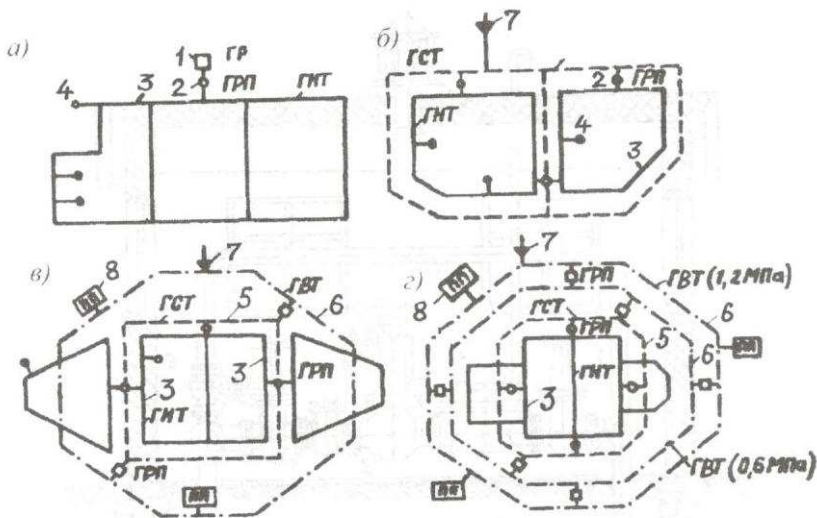


Рис .5.25. Системи газопостачання населених пунктів:

а – односхідчаста; *б* – двосхідчаста; *в* – трисхідчаста; *г* – багато-східчаста;

1 – групова установка зрідженого газу (ГР); 2 – газорегуляторний пункт (ГРП);
3, 5, 6 – відповідно трубопроводи низького (ГНТ), середнього (ГСТ) і високого (ГВТ)
тиску; 4 – відгалуження до споживачів; 7 – газорозподільвальна станція (ГРС);
8 – промислове підприємство (ПП)

Тупикові мережі не мають замикальних ділянок, тому їх довжина і вартість значно менші. Однак тупикові мережі застосовують обмежено – переважно для газопостачання малих населених пунктів та окремих промислових об'єктів.

Від газорозподільвальних мереж газ подають до споживача *відводом* (відгалуженням). Ділянку газопроводу від врізки у мережу до відмикальної засувки будинку називають **дворовим** (внутрішньо-квартирним) **вводом**.

Газопроводи від відмикальної засувки вводу до газоспоживальних приладів називаються **внутрішньобудинковими** або **внутрішньопечовими**.

Прокладання зовнішніх газопроводів незалежно від призначення і тиску газу, як правило, здійснюють **підземним способом**. Під час вибору траси необхідно враховувати: напрямок і ширину проїздів, вид дорожнього покриття та інтенсивність транспортного руху, планування кварталів, наявність підземних комунікацій і споруд, наявність штучних і природних перешкод. **Надземне прокладання** допускається на

території промислових підприємств на опорах, неспалимих стінах і покрівлях будинків, а також при переході через перешкоди.

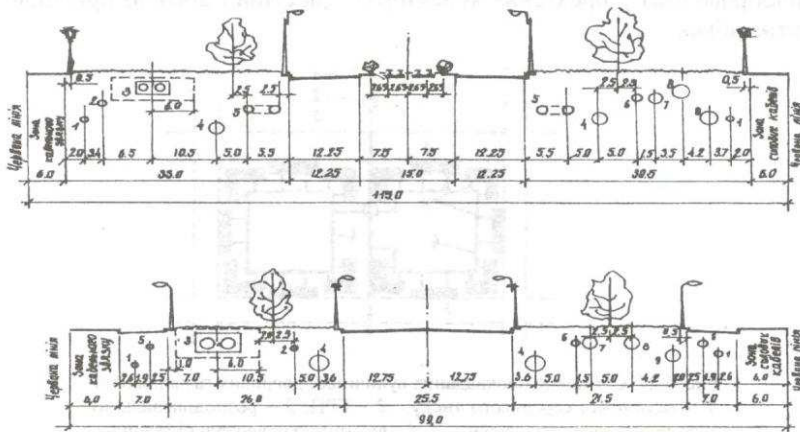


Рис. 5.26. Схеми розташування інженерних мереж на магістральних вулицях загального призначення:

- 1 – збірні трубопроводи дощової каналізації; 2 – технологічний водопровід;
- 3 – теплопроводи; 4 – магістраль дощової каналізації;
- 5 – розподільвальна мережа водопроводу; 6 – газопровід середнього тиску;
- 7 – газопровід високого тиску; 8 – магістральний водопровід;
- 9 – господарсько-побутова каналізація

Міські газові мережі звичайно прокладають *підземним способом* у зоні внутрішньоквартальних проїздів і вулиць (рис. 5.26). Газопроводи низького тиску у кварталах нової забудови з внутрішніми проїздами найвигідніше прокладати у дворах на відстані не менше 6 м від будинків, поєднуючи їх з відгалуженнями до будинків (рис. 5.27).

Мінімальна відстань від вуличного газопроводу низького тиску до будинку – 2 м. Ширина проїздів повинна забезпечувати необхідні розриви від будинків до газопроводів. При перетині газопроводу з іншими комунікаціями допустимі розриви регламентуються ДГСТ або БНіП. Додержання розривів зменшує кількість випадків проникнення газу у будинки і споруди під час пошкодження газопроводу, однак повністю від них не захищає. Для запобігання проникненню газу і ґрунтової води герметизують всі вводи інженерних комунікацій у підвали будинків. Прокладати у підвалах газопроводи **заборонено**.

Газопроводи осушеного газу можна прокладати у зоні промерзання ґрунту на глибині не менше ніж 0,8 м від поверхні землі; газопроводи зволоженого газу прокладають нижче глибини промерзання ґрунту з

нахилом не менше ніж 0,002 і встановлюють конденсатозбірники у найнижчих точках траси; газопроводи з тиском до 5 кПа можна прокладати спільно з іншими підземними комунікаціями (водопроводом, теплопроводом) у прохідних колекторах з постійно діючою природною вентиляцією.

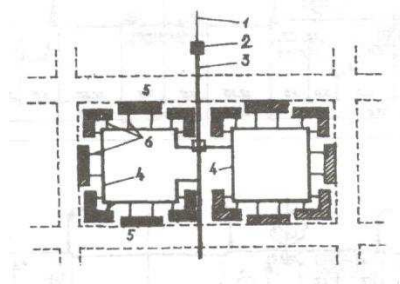


Рис. 5.27. Суміщене прокладання вуличних і дворових газопроводів:

- 1 – газопровід середнього тиску; 2 – ГРП;
3 – розподільчий газопровід низького тиску; 4 – внутрішньоквартальні газопроводи;
5 – міські проїзди (вулиці); 6 – вводи

Газопроводи монтують переважно зі сталевих або пластмасових (для низького і середнього тисків) труб, які з'єднують між собою зварюванням або фланцями (у місцях встановлення відмикальної арматури і компенсаторів температурного видовження).

Для відмикання окремих ділянок газопроводу або відмикання споживачів передбачають запірну арматуру, яку встановлюють в колодязі. Для компенсації температурних видовжень, поряд з чавунними засувками за ходом газу встановлюють лінзові компенсатори. Управління засувками у газовому колодязі виводять на поверхню землі з допомогою штоку, захищеного у верхній частині металевим ковпачком (ковером).

Вводи газопроводу у житлові будинки (рис. 5.28) передбачають у сходові приміщення кожної секції або один на дворовому фасаді будинку (у цьому випадку розвідний газопровід прокладають вздовж дворового фасаду на рівні підлоги другого поверху на відстані від поверхні стіни, що не перевищує 100 мм. На кожному вводі встановлюють електроізолюваний фланець і запірну арматуру. Вводи зволоженого газу, які виконують у сходові приміщення, утеплюють.

Вертикальні газові стояки прокладають в кухнях. В основі кожного газового стояка передбачають відмикальний кран. При перетині перекриття або стіни газопровід прокладають у футлярі зі сталевій труби. Простір між футляром і газопроводом заробляють просмоленим шнурком і бітумом або жирним цементним розчином.

Внутрішні газопроводи виконують переважно зі сталевих водогазопровідних труб і з'єднують між собою зварюванняч. Різьбові або фланцеві з'єднання передбачають тільки у місцях встановлення арматури і підключення газових приладів. Перед кожним газовим приладом встановлюють запірний кран. У місцях проходу людей газопроводи прокладають на висоті не менше 2,2 м від рівня підлоги.

В житлових будинках до 11 поверхів, на підприємствах громадського харчування (ресторани, їдальні, буфети) допускається використання газу тільки низького тиску. Використання газу у дитячих закладах, школах, кінотеатрах, театрах, клубах, житлових будинках 11 поверхів і вище **заборонено**.

Газові плити дозволяється встановлювати в кухнях висотою не менше 2,2 м, які мають вікно з кватиркою або фрамугою і вентиляційний канал. Об'єм кухні для 4-комфорної плити не менше 15 м³, 3-комфорної – 12 м³, 2-комфорної – 8 м³.

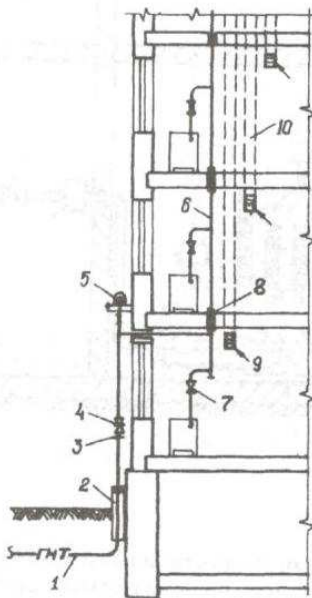


Рис. 5.28. Схема системи газопостачання житлового будинку:

- 1 – дворовий газопровід низького тиску; 2 – гільза; 3 – електроізолюваний фланець;
- 4 – відмикальна засувка або кран; 5 – розвідний газопровід; 6 – газовий стояк;
- 7 – запірний кран; 8 – гільза; 9 – жалюзійна ґратка;
- 10 – внутрішньостіновий канал витяжної вентиляції

Газові водонагрівники з відведенням продуктів згоряння в окремі

(роздільні) димоходи встановлюють у ванних кімнатах, об'єднаних санвузлах і кухнях житлових будинків. Приміщення ванних кімнат і об'єднаних санвузлів повинні мати об'єм не менше ніж $7,5 \text{ м}^3$ і канал витяжної вентиляції. У цих приміщеннях двері повинні відкриватись назовні, вони повинні бути з зазором над підлогою або у нижній частині мати жалюзійну ґратку з площею живого перерізу не менше ніж $0,02 \text{ м}^2$.

Приєднання газових водонагрівників до внутрішньостінових димових каналів необхідно виконувати трубами з покрівельної сталі. Сумарна довжина горизонтальних ділянок з'єднувальної труби не повинна перевищувати 3 м, а довжина вертикального підйому не менше ніж 0,5 м.

В системі газопостачання однородинного будинку на вводі газопроводу в будинок доцільно передбачати газовий лічильник, а перед кожним газоспоживальним приладом – стабілізатор тиску газу (рис. 5.29).

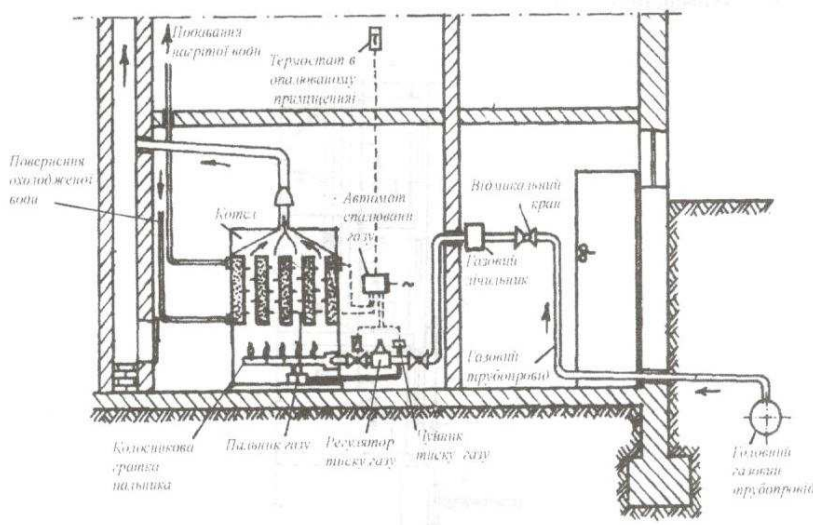


Рис. 5.29. Схема системи газопостачання водогрійного опалювального котла однородинного будинку з обліком витрати і стабілізатором тиску газу

Контрольні питання.

1. Як організовують електропостачання міст?
2. З яких основних елементів складаються внутрішні електромережі сучасного житлового будинку?
3. Як класифікують системи теплопостачання будинків?
4. Накресліть принципову схему системи теплопостачання від водогрійної районної котельні?

5. Які основні елементи містить система теплофікації для теплоносія води?
6. Як класифікують і прокладають теплові мережі населених пунктів?
7. Які схеми приєднання споживачів до теплової мережі застосовують у сучасній практиці?
8. Як приєднують системи гарячого водопостачання до теплової мережі?
9. Як класифікують і прокладають міські газорозподільвальні мережі?
10. Яке функціональне призначення ГРС і ГРП у системі газопостачання міст?
11. Які вимоги ставлять до будинку ГРП і яке основне технологічне обладнання у ньому встановлюють?
12. Які схеми газорозподільвальних мереж застосовують у практиці містобудування?
13. Які вимоги ставлять до систем внутрішнього газопостачання житлових будинків?
14. Як герметизують вводи інженерних систем у підвали будинків?
15. Як прокладають дворові вводи і розвідні будинкові газопроводи?

Розділ шостий

СИСТЕМИ ЕНЕРГОПОСТАЧАННЯ БУДИНКІВ ТА СПОРУД ВІД АЛЬТЕРНАТИВНИХ ДЖЕРЕЛ ЕНЕРГІЇ

Значна вартість традиційних енергоносіїв (нафти, газу, вугілля) і її невинне зростання вимагає нині і в майбутньому застосовувати *нетрадиційні енергоносії*, такі як *сонячна і геотермальна енергія, енергія біогазу, вітру, ґрунту, хвиль* тощо.

Сонячна енергія належить до найзначніших і практично невичерпних енергетичних ресурсів Землі. Її річне надходження значно перевищує запаси енергії всіх викопних видів палива.

Одним з традиційних відновлюваних джерел енергії є гідроенергія рік. Загальні ресурси цієї енергії оцінюються у 3,5...4 млрд. т.у.п. у рік.

Інший вид відновлюваних енергоресурсів – біогаз. На сьогодні біогаз покриває до 10 % світового споживання теплової енергії.

Геотермальні енергетичні ресурси відносяться до низькопотенціальних. Значні запаси геотермальної води з температурою 50...100°C і більше є на території нашої держави.

6.1. СИСТЕМИ ТЕПЛОПОСТАЧАННЯ БУДИНКІВ ТА СПОРУД З ВИКОРИСТАННЯМ СОНЯЧНОЇ ЕНЕРГІЇ

Сонячне теплопостачання будинків засноване на застосуванні двох принципових схем – *пасивного і активного використання енергії Сонця*. **Будинок з пасивним використанням енергії Сонця** можна визначити як кліматично збалансований будинок, в якому максимально використовують теплоту сонячної радіації для нагрівання приміщень без

застосування спеціальних технічних пристроїв.

Важливим завданням проектування будинку з пасивним використанням енергії Сонця є обґрунтування взаємопов'язаних архітектурно-конструктивних і об'ємно-планувальних заходів, які сприяють утилізації теплоти сонячної радіації у тепловому балансі приміщення в холодний період року і не викликають перегріву приміщення в теплий період року. *Спеціалісту треба пам'ятати:* найбільшій економії енергії досягають у будинку з одночасним збалансованим використанням активних і пасивних систем утилізації енергії Сонця.

Рационально можна вважати таку орієнтацію будинку, яка забезпечує максимальні теплонадходження від сонячної радіації в ХПР, а доцільним планувальне рішення, яке сприяє максимальному теплонадходженню в житлові приміщення. Для південних районів України рекомендують зводити будинки широтної орієнтації, витягнуті у плані, щоб забезпечити найбільші надходження теплоти сонячної радіації в ХПР і найменші – в ТПР. В ТПР необхідно уникати перегрівання приміщень, що досягається архітектурно-конструктивними і об'ємно-планувальними сонцезахисними заходам. Наприклад, спальні кімнати необхідно розташовувати так, щоб вони освітлювались Сонцем у ранкові години, а інші житлові кімнати – в денні. Якщо літом спальні приміщення будуть нагріватись Сонцем у передвечірні години, то вночі їх важко охолодити.

Для забезпечення найбільших надходжень сонячної радіації в ХПР світлові прорізи доцільно орієнтувати на південь, а для захисту від теплонадходжень в ТПР їх необхідно обладнати сонцезахисними пристроями. Ефективним є застосування зовнішніх і внутрішньовіконних сонцезахисних пристроїв типу жалюзі, ставень або екранів з теплоізоляційних матеріалів, які у нічний час ХПР забезпечують додатковий теплозахист і зниження добової витрати енергії на нагрівання приміщення до 20%.

Для захищень південної орієнтації з метою збільшення теплонадходжень від сонячної радіації в ХПР під час низького стояння Сонця і зменшення теплонадходжень в ТПР під час високого стояння Сонця доцільно проектувати світлові прорізи, ширина яких більша від висоти.

Збільшення коефіцієнта засклення захищень південної орієнтації з одночасним застосуванням регульованого теплозахисту сприяє покращенню добового теплового балансу приміщення. Однак збільшення цього коефіцієнта понад нормативні вимоги є недоцільним.

У малоповерховому будівництві широко застосовується схема пасивного використання енергії Сонця – конструкція Тромба-Мішеля, схема конструкції якої зображена на рис. 6.1. Теплоакмулювальна стінка з масивного теплоємного матеріалу із теплосприймальною поверхнею темного кольору повинна орієнтуватись за південними

напряжками. При товщині бетонної стінки 200 мм запізнення температурної хвилі біля 5 год.

Активне вловлювання сонячної енергії досягається завдяки використанню спеціальних *геліоустановок*. Найпростіша *геліоустанова* складається з *сонячного колектора* і *теплого акумулятора* (рис. 6.2). Теплоносієм може бути повітря, вода або незамерзаюча рідина. Тепловий акумулятор виконує функцію теплового джерела у періоди відсутності сонячної радіації. Характеристики основних типів сонячних колекторів і концентраторів наведені в табл. 6.1.

Геліоустановки класифікують за такими ознаками:

- за способом перетворення сонячної енергії – *безпосереднє нагрівання теплоносія; електрохімічний, фотоелектричний, барогальванічний та інші способи;*
- за формою сонячного колектора – *плоскі колектори і концентратори;*
- за типом теплоносія – *повітря, вода, незамерзаюча рідина.*

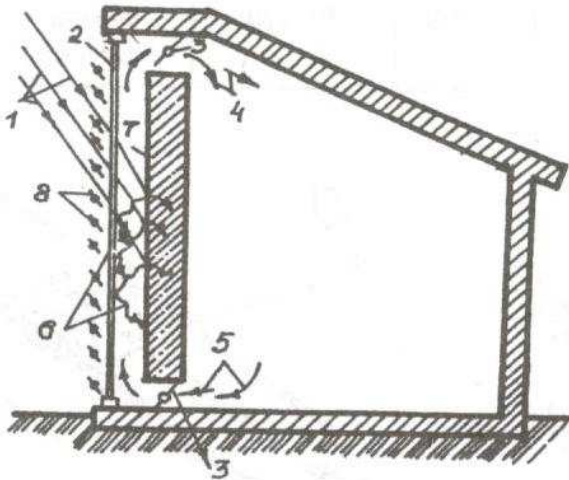


Рис. 6.1. Схема пассивного використання енергії сонця
(конструкція Тромба-Мишеля):

- 1 – сонячні промені; 2 – прозорий екран; 3 – повітряний клапан; 4 – потік теплого повітря;
5 – потік охолодженого повітря з приміщення;
6 – власне довгохвильове теплове випромінювання масиву стіни; 7 – чорна поверхня стіни;
8 – жалюзі

На рис. 6.3 зображена схема двоконтурної залежної системи тепlopостачання будинку з застосуванням геліоустановки. Особливістю схеми є наявність двох контурів циркуляції теплоносіїв, теплообмін між якими здійснюється у теплообміннику.

Таблиця 6.1.

**Характеристики основних типів
сонячних колекторів і концентраторів**

Тип	Робоча температура, °С	Коефіцієнт корисної дії, %	Система стеження за Сонцем	Примітка
Плоский	до 100	30...50	не потрібна	При застосуванні фотоелементів з ККД до 77%
Сонячний ставок	до 100	15...25	— // —	
Вакуумований скляний трубчастий	90...300	40...60	— // —	
Параболо-циліндричний концентратор	до 150...500	50...70	обертання навколо однієї осі	

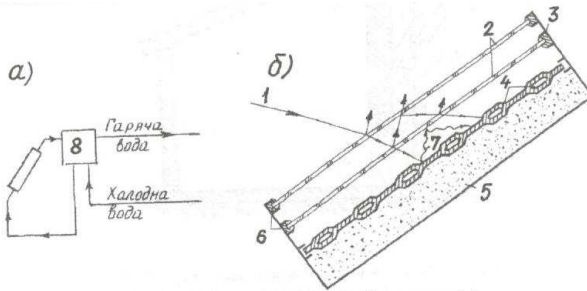


Рис. 6.2. Схема найпростішої геліоустановки (а)
і сонячного колектора (б):

- 1 – сонячні промені; 2 – зашклення (двошарове); 3 – корпус;
 4 – теплосприймальна пластина; 5 – теплоізоляція; 6 – ущільнення;
 7 – власне довгохвильове випромінювання теплосприймальної пластини;
 8 – бак-акумулятор

Найперспективнішими для застосування сонячного тепlopостачання є системи: опалення і гарячого водопостачання одно- і малоповерхових індивідуальних житлових будинків; гарячого водопостачання сезонних споживачів теплоти; гарячого водопостачання промислових і сільськогосподарських підприємств.

Якщо передбачають тільки опалення будинку, то перевагу надають повітряній системі, оскільки вона простіша і довговічніша. На вибір

теплоносія впливає також об'єм будинку. Для великих будинків переважно застосовують рідинні системи опалення, у тому числі і з незамерзаючою рідиною. Вода і повітря значно дешевші, ніж олія (олива) або антифриз. Сонячний колектор для повітряної системи значно дешевший, ніж для водяної. Крім цього тепловий акумулятор повітряної системи є порівняно дешевим.

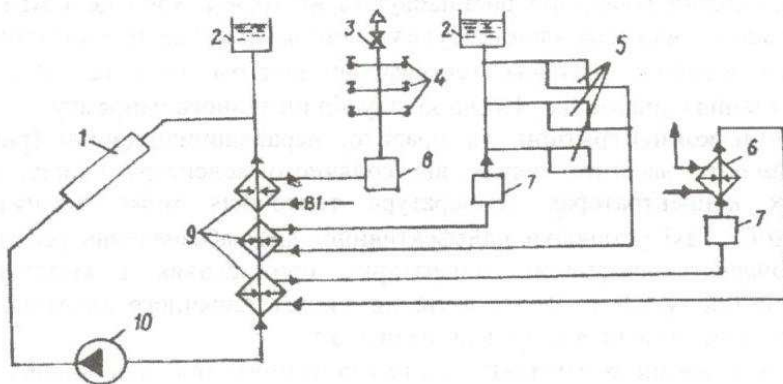


Рис. 6.3. Схема двоконтурної залежної системи тепlopостачання будинку від геліоустановки:

1 – сонячний колектор; 2 – розширювальний бак; 3 – випускник повітря;
4 – водорозбірні крани; 5 – нагрівальні прилади СО; 6 – калорифер; 7 – котел;
8 – водогрійна колонка; 9 – водонагрівник-акумулятор; 10 – циркуляційний насос

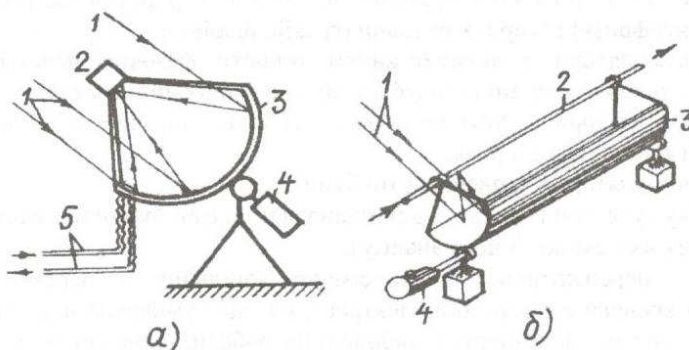


Рис. 6.4. Сонячні концентратори:

а – параболічний; б – параболоциліндричний;
1 – сонячні промені; 2 – теплосприймальний елемент (сонячний котел); 3 – дзеркало;
4 – механізм приводу системи слідування; 5 – трубопроводи циркуляції теплоносія

Сонячні колектори систем тепlopостачання розташовують, як правило, на покрівлях або вертикальних захищеннях південної орієнтації.

Сонячний колектор займає значну площу і є значним формоутворювальним елементом будинку. Поверхня сонячного колектора може бути гладкою, хвилястою, трубчастою тощо, до того ж чорного кольору для кращого поглинання сонячної енергії. Традиційне розташування колектора на даху дозволяє дещо зменшити вартість самого даху і колектора. Зокрема, сонячні колектори розташовують на ґрунті, хоча це і менш раціонально з точки зору площі забудови. Оптимальний нахил сонячного колектора дорівнює значенню географічної широти плюс $12...15^\circ$, а найефективніша орієнтація 10° до заходу від південного напрямку.

Сонячні концентратори, як правило, параболоциліндричні (рис. 6.4), займають набагато меншу від сонячного колектора площу. В сонячних концентраторах температура теплоносія може досягати $150...500^\circ\text{C}$. Такі установки найефективніші для забезпечення роботи кондиціонерів, електричних генераторів, промислових і сільськогосподарських сушарок. Схеми активних систем сонячного опалення і гарячого водопостачання зображені на рис. 6.5.

Одним з важливих елементів систем сонячного тепlopостачання є **акумулятор теплоти**, необхідність якого визначається нерівномірністю надходження сонячної радіації. Оптимальним є розташування теплоакумулятора у центрі будинку в його нижньому рівні, що дає можливість зменшити тепловтрати і забезпечити природну циркуляцію теплоносія. Небажано розташовувати акумулятори на перекриттях, оскільки вони мають значні об'єм і вагу.

Характеристики акумуляторів теплоти активних геліосистем:

- акумулятори з використанням теплоємності рідин (вода, розчини антифризу) і твердих речовин (гравій, щебінь);
- акумулятори з використанням теплоти фазових перетворень (плавлення–твердіння глауберової солі, гліцерину, воску);
- акумулятори з використанням теплоти хімічних або фізико-хімічних перетворень;
- акумулятори з тепловими трубами;
- акумулятори коротко- і довготривалої дії (приймаються на основі техніко-економічного аналізу).

Нині перспективним і економічно доцільним є перетворення сонячної енергії в постійний електрострум, що зумовлено відсутністю рухомих частин, надійністю і стабільністю роботи, відносно невисокою вартістю. Модульний тип конструкції дозволяє створювати установки необхідної потужності. Річний приріст збуту сонячних батарей склав у 1990 році 35% і досяг 500 МВт. Майже третина виробництва сонячних

батареї припадає на Японію.

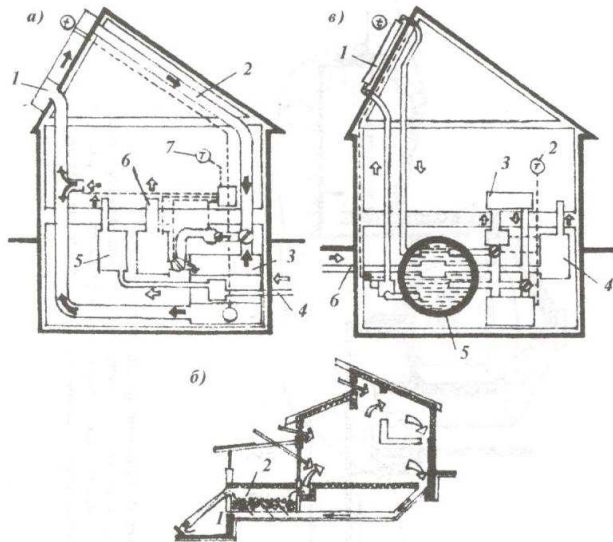


Рис. 6.5. Схеми активних систем сонячного опалення і гарячого водопостачання будинків:

a – система повітряного опалення з колектором на даху:

1 – повітряний сонячний колектор;

2 – канал подавання теплого повітря у теплоаккумулятор;

3 – гравійний акумулятор теплоти; 4 – ввід холодної води;

5 – подавання гарячої води у будинок;

6 – подавання теплого повітря для опалення будинку; 7 – пульт контролю і управління;

б – система повітряного опалення з колектором-теплицею:

1 – теплиця – сонячний акумулятор; 2 – акумулятор теплоти;

в – система рідинного опалення:

1 – рідинний сонячний колектор; 2 – пульт контролю та управління;

3 – подавання теплоти у систему опалення;

4 – подавання води у систему гарячого водопостачання;

5 – рідинний акумулятор теплоти; 6 – ввід холодної води

6.2. ВИКОРИСТАННЯ БЮГАЗУ ДЛЯ СИСТЕМ ГАЗОПОСТАЧАННЯ БУДИНКІВ

Ліквідація побутових відходів органічного походження є значною проблемою, особливо для міських населених пунктів. Екологічну проблему створюють також органічні відходи сільськогосподарського виробництва. Одночасно ці органічні відходи є потенційною сировиною

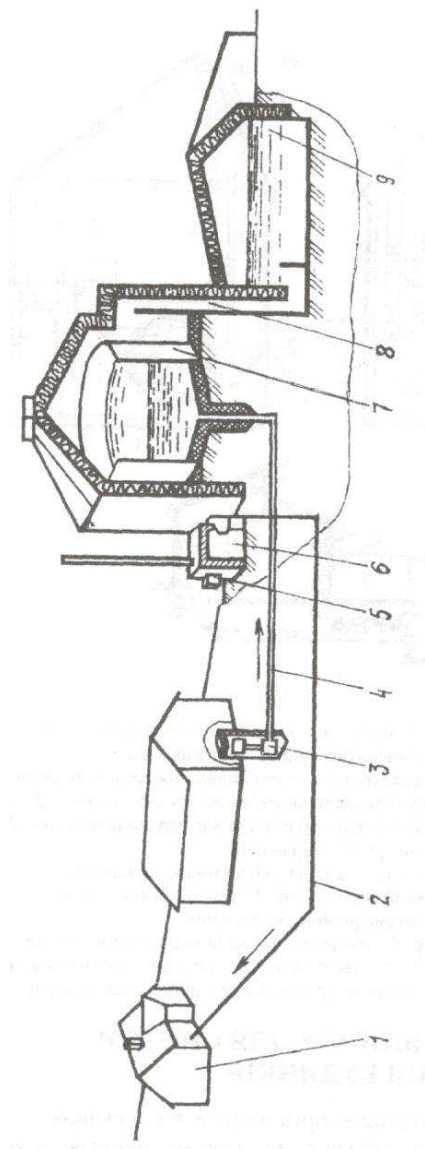


Рис. 6.6. Схема системи виробництва біогазу і його споживання:

- 1 – житловий будинок, який опалюється газом; 2 – газопровід;
 3 – накопичувач відходів тваринницького приміщення;
 4 – труба подавання відходів в біореактор; 5 – система управління; 6 – котельня;
 7 – біогазовий реактор; 8 – зливна шахта; 9 – ємність для відходів

для розмноження біомаси здатної виробляти горючий газ (метан) і залишковий продукт у вигляді високоякісного комплексного добрива.

Горючий газ виробляють у спеціальних перегнивачах органічних відходів (біореакторах) завдяки життєдіяльності мікроорганізмів. **Біореактори** можуть бути *періодичної* і *неперервної дії*. Схема системи виробництва біогазу з органічних відходів і його споживання зображена на рис. 6.6.

Біореактор періодичної дії заповнюють органічною масою періодично або порціями. Деякий час у ньому відбувається процес бродіння без доступу кисню завдяки чому утворюється метан. Після закінчення виділення газу реактор спорожняють від відходів і наповнюють новою порцією біомаси. Для неперервного подавання газу необхідно одночасно експлуатувати декілька біореакторів (мінімум два). У *біореактори неперервної дії* органічну масу подають рівномірними порціями, що приводить до неперервного виділення газу. Суміш органічної маси з водою проходить в реакторі повний цикл бродіння, яке відбувається завдяки життєдіяльності анаеробних бактерій за відсутності кисню при температурах 0...70°C. Оптимальними є *температурні режими*: 30...40°C – *мезофільний*; 50...60°C – *термофільний*. Найактивніше метан виділяється при температурі 35°C, тому більшість біореакторів працює у цьому температурному режимі.

Біореактори можна розташовувати у спеціальних прибудовах або у підвалах господарського будинку. Для використання в агрокомплексах біореактори повинні розташовуватись на відстані 60 м і більше від основних цехів, що пов'язано з вибухо- і пожежобезпекою.

6.3. ВИКОРИСТАННЯ НИЗЬКОПОТЕНЦІАЛЬНИХ ДЖЕРЕЛ ЕНЕРГІЇ ТА ЕНЕРГІЇ ВІТРУ ДЛЯ ТЕПЛОЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ БУДИНКІВ

До найрозповсюдженіших **низькопотенціальних джерел енергії** належать: *підігріта скидна вода, нагрітий викидний газ (повітря), вода геотермальних джерел і природних водоймищ, теплота ґрунту, ґрунтових вод, зовнішнього повітря*. Безпосереднє використання теплоти низькопотенціальних (слабонагрітих) джерел здебільшого неможливе. Тому теплоту цих джерел використовують як первинний теплоносіє для теплонасосних установок (ТНУ). ТНУ (рис. 6.7, 6.8 і 6.9) містить такі основні елементи: *випарник, компресор, конденсатор і дросельний вентиль*. Як робоче тіло у ТНУ використовують рідини, які киплять при низьких температурах (наприклад, фреон тощо). За допомогою ТНУ первинний теплоносіє охолоджується і, одночасно, підвищується тепловий потенціал (температура) теплоносія у контурі теплопостачання бу-

динку. В теплу пору року охолоджений у ТНУ первинний теплоносіє можна використовувати у системі холодопостачання будинку.

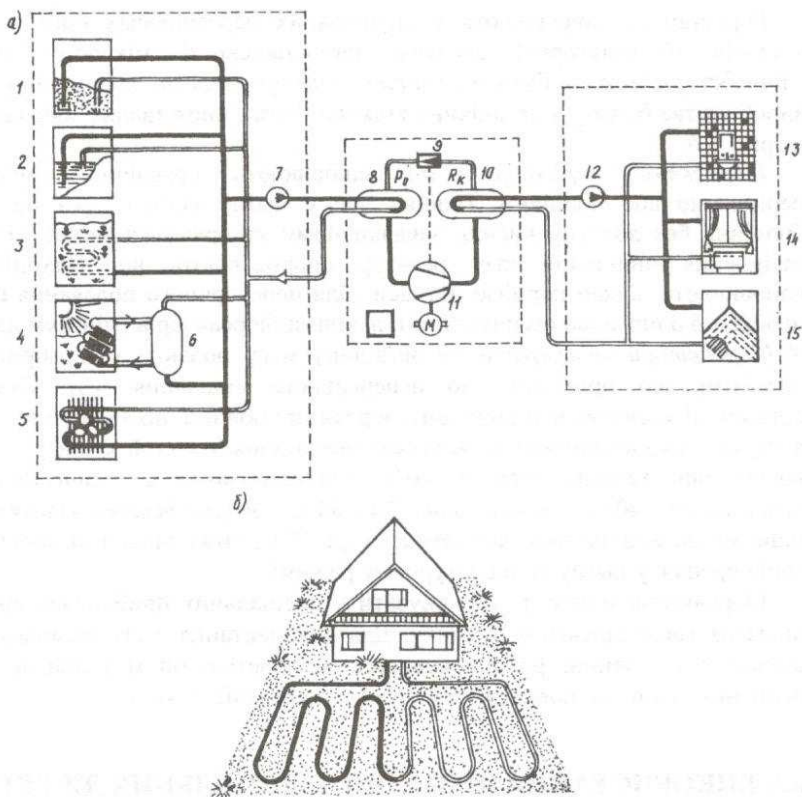


Рис. 6.7. Схеми систем використання низькопотенціальних джерел теплової енергії для теплопостачання будинків:

- a* – принципова схема; *б* – схема контуру одержання низькопотенціальної теплоти ґрунту;
 1 – ґрунтова вода; 2 – поверхнева вода; 3 – ґрунт; 4 – сонячна радіація; 5 – повітря;
 6 – акумулятор теплоти; 7 – циркуляційний насос з боку джерела; 8 – випарник ТНУ;
 9 – регулювальний вентиль; 10 – конденсатор ТНУ; 11 – компресор ТНУ;
 12 – циркуляційний насос системи теплопостачання; 13 – споживачі гарячої води;
 14 – радіаторне опалення; 15 – підлогове опалення

Найзручнішими у застосуванні є *водні джерела теплоти*, особливо ті, які виходять з глибоких шарів ґрунту. Оскільки вони мають температуру, яка близька до середньорічної температури зовнішнього повітря, і тому забезпечують високі середньорічні показники коефіцієнта перетворення теплової енергії. Для використання відкритих водоймищ необхідно знати їхній температурний режим на протязі всього опалю

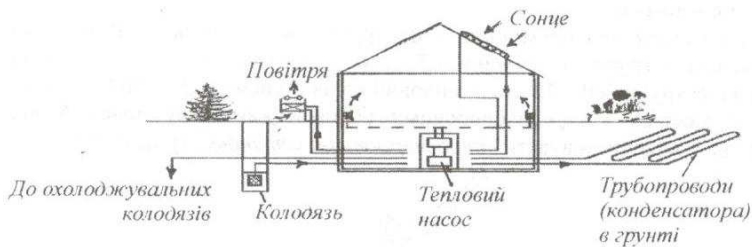


Рис. 6.8. Джерела низькопотенціальної теплової енергії для теплопостачання будинку тепло насосними установками (ТНУ)

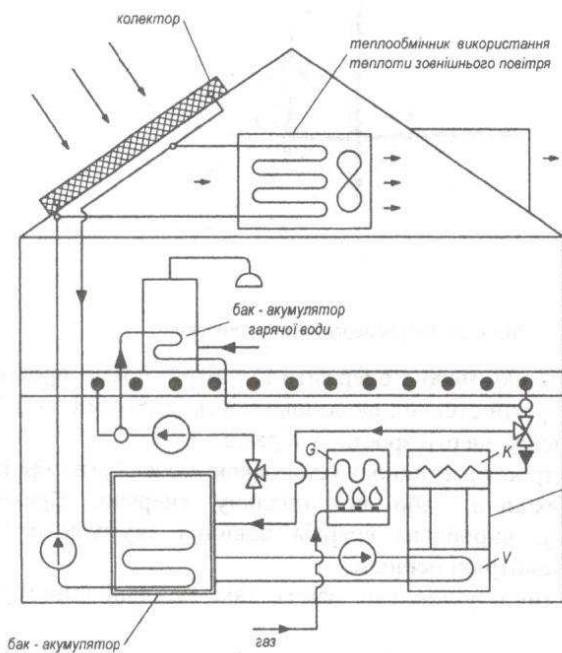


Рис. 6.9. Схема системи теплопостачання будинку ТНУ і газовим водо нагрівником:

G – газовий водо нагрівник; K – конденсатор ТНУ; V випарник ТНУ

вального періоду, враховуючи небезпеку обмерзання стінок випарника ТНУ. Найдоцільніше використовувати скидну воду теплових електростанцій, каналізаційних мереж, природних гарячих джерел.

Як природне джерело теплоти для опалення і кондиціювання повітря

використовують *грунт*, який є практично необмеженим акумулятором теплової енергії.

Грунтовий теплообмінник – це труба діаметром біля 50 мм, яка вкладається у ґрунт на глибину 1,5...2 м у вигляді змійовика. Загальна довжина труби 200...300 м, а тепловий потік становить 25...30 Вт/1 п. м.

У районах з середньодобовими швидкостями вітру більше 6 м/с доцільно використовувати *вітроенергетичні установки* (рис. 6.10).

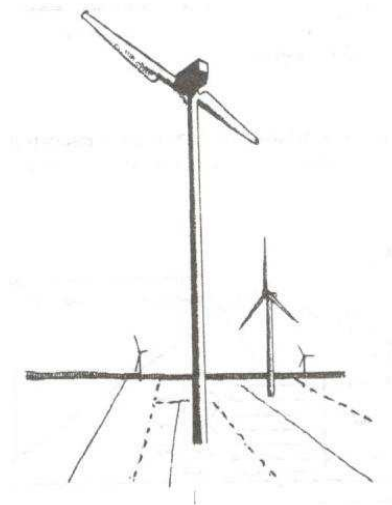


Рис. 6.10. Вітроенергетичні установки

Кількість енергії, яку можна одержати від вітру, прямо пропорційна швидкості вітру у третій степені; якщо швидкість вітру зростає у 2 рази, то кількість виробленої енергії зростає у 8 разів.

Енергія вітру вітроенергетичною установкою може бути перетворена в електричну, механічну або потенціальну енергію. Враховуючи непостійність вітру, вироблена енергія повинна акумулюватись для використання її у безвітряні періоди.

Всі вітроенергетичні установки мають такі загальні конструктивні елементи:

- ротор (різної конструкції), яким відбирається частина енергії повітряного потоку;
- опору, до якої кріпиться ротор. Опорною конструкцією може слугувати будинок, який дозволяє економно використати більш високі швидкості вітру;
- запобіжний механізм, який захищає генератор від впливу надто високих швидкостей вітру;

- пристрій для виробництва електроенергії (генератор);
- пристрої для накопичення енергії (акумулятори і накопичувачі).

Всі сучасні вітроелектростанції мають переважно дво- або трилопатеві ротори (рис. 6.10). Для оцінки аеродинамічної ефективності лопатевих роторів використовують такі відношення швидкості обертання лопатей до швидкості вітру: відношення 1:1...3:1 характерні для низькошвидкісних двигунів, відношення 5:8 і більше характерні для високошвидкісних двигунів.

Накопичення енергії – це ключ до високої ефективності вітрогенераторної установки. Найдешевший і практичний пристрій для накопичення електричної енергії – акумуляторна батарея. Вартість батареї становить $\frac{1}{4} \dots \frac{1}{2}$ від загальної вартості установки. Ємність батареї повинна бути розрахована на 3...4 доби роботи.

Контрольні питання

1. Які конструктивні вимоги ставлять до будинків з пасивним використанням сонячної енергії?
2. Які основні елементи включає система тепlopостачання будинку від геліоустановки?
3. Які технологічні і конструктивні вимоги ставлять до системи виробництва і споживання біогазу?
4. З яких основних елементів складаються системи тепlopостачання будинків від низькопотенціальних альтернативних джерел енергії?

Розділ сьомий

БУДИНКИ З ЕФЕКТИВНИМ ВИКОРИСТАННЯМ ЕНЕРГІЇ

Мета економії енергії, яка витрачається на теплопостачання будинків, полягає у тому, що енергоресурси можуть бути використані ефективніше завдяки економічно обґрунтованим технічним заходам, які прийнятні з екологічного і соціального погляду.

У табл.7.1 наведені основні заходи з економії енергії, яка витрачається на теплопостачання будинків, і очікувана річна економія енергії.

Таблиця 7.1

Основні інженерні заходи з економії теплової енергії, які використовуються у системах теплопостачання будинків

Назва заходу	Економія енергії, %
Удосконалення архітектурних і об'ємно-планувальних рішень будинків	8...10
Застосування нових типів захисних конструкцій (вікон, стін тощо) з підвищеними теплозахисними властивостями	8...12
Утилізація теплоти викидного повітря	10...12
Автоматизоване керування системами забезпечення мікроклімату	20...30
Оптимальне використання природного і штучного освітлення	6...8
Використання альтернативних джерел енергії (теплоти сонячної радіації, ґрунту, поверхневих і підземних вод, енергії вітру тощо)	15...40

Будинки, в яких архітектурно-планувальні рішення поєднані в комплексі з ефективними системами забезпечення мікроклімату (системи з економічними затратами енергії на нагрівання в холодну пору (ХПР) і на охолодження в теплу пору року (ТПР), називаються **енергоекономічними** (рис. 7.1).

7.1. АРХІТЕКТУРНІ ТА ОБ'ЄМНО-ПЛАНУВАЛЬНІ РІШЕННЯ БУДИНКІВ З ЕФЕКТИВНИМ ВИКОРИСТАННЯМ ЕНЕРГІЇ

Заходи з удосконалення архітектурних і об'ємно-планувальних рішень будинків становлять: максимально можливе ущільнення забудови; оптимізацію габаритних розмірів будинку (збільшення довжини будинку з 4-х до 10-ти секцій знижує питомі втрати теплоти на опалення до 5...7%; збільшення ширини з 12 до 15 м дає змогу на 9...10% зекономити теплоти; підвищення поверховості з 5 до 9 поверхів – 3...5% економії); відносне зменшення периметра будинку завдяки скороченню кількості лоджій, які входять в теплий контур.

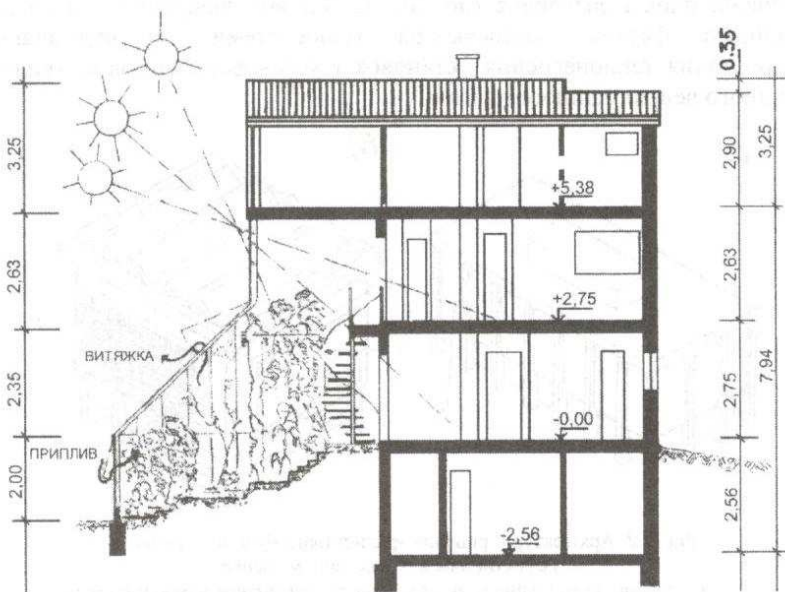


Рис. 7.1. Енергоощадний будинок з пасивним використанням енергії Сонця

Збільшення ширини корпусу є одним з найефективніших архітектурних засобів зменшення питомих тепловтрат будинків. На загальні тепловтрати будинку через зовнішні захищення впливає орієнтація будинку за сторонами світу. Фасади будинків, які орієнтовані на напрямки від північно-західного до північно-східного у протилежному напрямку, які орієнтовані на напрямки від південно-східного до південно-західного, не одержують суттєвого припливу сонячної радіації в холодну пору року. Тому під час проектування будинків, які відрізняються від

прямокутної модульної сітки, слід прагнути до того, щоб на північ була орієнтована найменша поверхня фасадів. Однак в теплу пору року південні фасади будинків від південно-східної до південно-західної орієнтації повинні мати ефективний сонцезахист заповнення світлових прорізів, щоб вони не були джерелами значних теплонадходжень і не викликали значних витрат енергії на системи кондиціювання. Орієнтація будинку повинна бути пов'язана з переважаючим в районі будівництва напрямком вітру. Будинки, орієнтовані видовженими фасадами до переважаючих в зимову пору напрямків вітру, мають підвищені тепловтрати, а в теплу пору року вимагають більших затрат енергії на кондиціювання повітря. На рис. 7.2 зображені: зовнішній вигляд будинку з ефективним використанням енергії і традиційного будинку. Характерними ознаками будинку з ефективним використанням енергії є: кубічна форма, значно зменшена площа засклення (до 10...12%) або відсутність засклення північного фасаду, застосування геліосистеми теплопостачання, використання теплонасосних установок і установок утилізації теплоти викидного вентиляційного повітря.

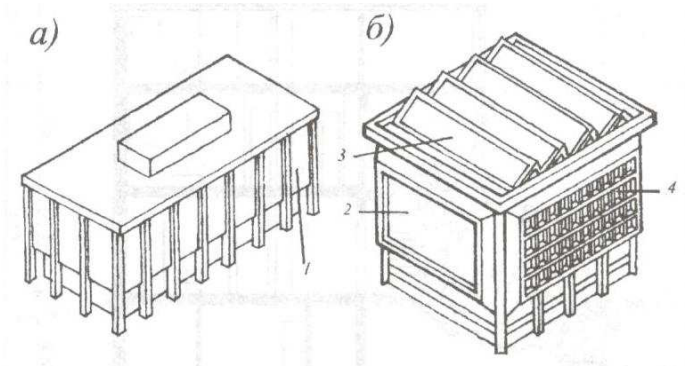


Рис. 7.2. Архітектурні рішення традиційного будинку і будинку з ефективним використанням енергії:

- a* – традиційний будинок; *б* – будинок з ефективним використанням енергії;
 1 – засклення північного фасаду; 2 – відсутність засклення північного фасаду;
 3 – геліоколектор; 4 – сонцезахисні пристрої

7.2. ЗОВНІШНІ ЗАХИСНІ КОНСТРУКЦІЇ БУДИНКІВ З ПІДВИЩЕНИМИ ТЕПЛОЗАХИСНИМИ ВЛАСТИВОСТЯМИ

Зменшення тепловтрат через зовнішні захисні конструкції залежать від підвищення їх термічного опору теплопередачі. За сучасними економічними вимогами термічний опір теплопередачі захищень

повинен становити 3...5 м²·К/Вт. Для забезпечення такого термічного опору теплопередачі захищень доцільно застосовувати полегшені зовнішні захищення, наприклад, тришарові конструкції з внутрішнім утеплювальним шаром пінополістиролу, пінопласту, пінополіуретану, скловати, мінеральної вати із зовнішніми облицювальними шарами з важкого або легкого конструктивного залізобетону, металу та інших матеріалів (рис. 7.3). Враховуючи, що коефіцієнт теплопровідності ефективних теплоізоляційних матеріалів у середньому становить 0,06 Вт/(м·К), то забезпечити потрібний термічний опір теплопередачі захищення можна при незначній товщині утеплювального шару (табл. 7.2). Однак легкі зовнішні захищення мають малу теплоакумулявальну властивість:

$$Q_{\text{ак}} = \rho \cdot c \cdot \delta \cdot \Delta t, \text{ кДж/м}^2, \quad (7.1)$$

де ρ – густина матеріалу, кг/м³; c – питома теплоємність матеріалу, кДж/(кг·К); δ – конструктивна товщина матеріалу, м; Δt – різниця між початковою і кінцевою температурами матеріалу.



Рис. 7.3. Зовнішня стіна з ефективним утеплювачем

Теплоакумулявальні і теплотехнічні показники деяких будівельних матеріалів наведені в табл. 7.2.

Аналіз даних табл. 7.2 свідчить, що для приміщень з масивними захищеннями потрібна більша витрата теплоти в період напалювання, ніж для приміщень з легкими огорожувальними конструкціями, що необхідно враховувати в циклічно опалюваних приміщеннях.

Як теплоізоляцію можна використовувати *замкнуті повітряні прошарки* сотового типу і *термовідбивальні поверхні* (рефлексивна

ізоляція). Мінімальна товщина повітряного прошарку у напрямку теплового потоку повинна бути 20 мм, причому його ефективність зростає при товщині 100 мм і більше. Ефективність повітряного прошар

Таблиця 7.2

**Теплоакумлювальні і теплотехнічні показники
деяких будівельних матеріалів**

Матеріали і конструкції	λ , $\frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot \text{К}}$	ρ , $\frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$	c , $\frac{\text{кДж}}{\text{кг} \cdot \text{К}}$	$c \cdot \rho$, $\frac{\text{кДж}}{\text{м}^3 \cdot \text{К}}$	δ , м	$Q_{\text{ак}}$, $\frac{\text{кДж}}{\text{м}^2}$
Бетон	1,7	2500	0,84	2100	1,7	71400
Цегляна кладка	0,46	1600	0,88	1408	0,46	12935
Керамзитобетон	0,36	1200	0,84	1008	0,36	7257
Плити мінераловатні	0,07	200	0,84	168	0,07	235
Пінополістирол	0,038	40	1,34	53,6	0,038	40,8

ку можна збільшити в 3,5 рази завдяки приклеюванню до однієї з поверхонь стіни (більш холодної) металевої фольги. Фольга зменшує потік теплового випромінювання через повітряний прошарок, відбиває тепловий потік у напрямку внутрішнього простору і, відповідно, зменшує тепловтрати через поверхню захисної конструкції. Крім цього, фольга є пароізоляцією, яка призначена для того, щоб уникнути конденсацію вологи на внутрішній поверхні зовнішніх стін.

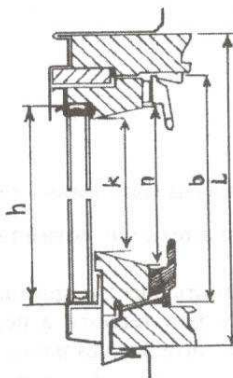


Рис. 7.4. Конструктивна схема сучасного мансардного вікна
($K = 1,1 \dots 1,4 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$)

З усіх огорожувальних конструкцій найбільший вплив на тепловтрати будинку і на теплонадходження від сонячної радіації в будинок мають вікна (рис. 7.4), конструктивним вирішенням яких в деяких країнах займаються спеціалізовані заклади (наприклад, Інститут техніки вікна в Німеччині). Високий ступінь засклення будинків у помірному кліматі нерідко є однією з причин застосування систем кондиціонування повітря (СКП). При відсутності СКП температура повітря приміщень може становити 35...40°C і більше. В холодний період року поблизу великих вікон і вітражів виникають неприємні для людей потоки холодного повітря. Понижена температура внутрішнього віконного скла посилює радіаційний теплообмін людського тіла, що також викликає почуття дискомфорту. Для ліквідації цього явища внутрішнє скло потрібно обдувати висхідним струменем нагрітого повітря.

У надмірно засклених будинках люди протягом усього року відчувають дискомфорт.

Затрати холоду під час кондиціонування повітря у громадських будинках значно збільшуються із зростанням ступеня засклення, навіть за наявності сонцезахисних пристроїв.

Теплонадходження від сонячної радіації можна зменшити доведенням коефіцієнта засклення до 0,15...0,25; застосуванням теплопоглинального, тепловідбивального скла і сонцезахисних пристроїв; затіненням вікон архітектурними засобами; вентиляльованими вікнами.

Один з поширених архітектурних прийомів зменшення теплонадходжень від сонячної радіації – *затінення вікон*, орієнтованих на південь, південний захід і південний схід. Для цього влаштовують балкони або горизонтальні дашки над вікнами, вертикальні ребра, лоджії або заглиблюють вікна у товщу стін. Однак необхідно враховувати, що в холодний період року виступаючі елементи фасаду збільшують тепловтрати внаслідок збільшення площі тепловіддачі до зовнішнього повітря.

Теплопоглинальне скло містить певний відсоток металу, який поглинає теплові сонячні промені. Завдяки цьому його температура підвищується до 40...50°C, що призводить до утворення висхідних конвективних теплових потоків. Тому в теплий період року поглинальне скло віконного склопакету повинно безпосередньо контактувати з зовнішнім повітрям.

Тепловідбивальне скло – це звичайне скло, покрите металевими або полімерними плівками, коефіцієнт теплопропускання якого 0,2...0,6. У ФРН скло покривають патентованим матеріалом на синтетичній основі або золотом, яке наносять розпилюванням у вакуумі. Товщина шару золота 0,1...0,2 мкм. Таке скло коштує дорого, однак тільки золоту властиве селективне відбивання теплових променів і добре пропускання видимих променів. Тепловідбивальне скло монтують у спільному пакеті

з простим склом так, щоб тепловідбивальна плівка знаходилась усередині пакета. Тепловідбивальне скло завжди зовнішнє. Товщина повітряного прошарку у склопакеті – 12 мм. Внутрішнє просте скло склопакета майже не нагрівається, тому вторинні конвективні потоки не інтенсивні.

У нічний час захисна плівка відбиває у приміщення штучне світло, а в холодну пору року – інфрачервоні теплові промені з приміщення, внаслідок чого знижуються тепловтрати і підвищується температура внутрішнього віконного скла.

Сонцезахисними пристроями використовують жалюзі, сонцезахисні ґратки, маркізи і штори. Коефіцієнт теплопропускання зовнішніх білих або кремових жалюзі наближається до коефіцієнта пропускання тепловідбивального скла, а коефіцієнти теплопропускання зовнішніх жалюзі темних кольорів майже дорівнюють коефіцієнтові теплопропускання внутрішніх жалюзі. Зовнішні жалюзі дорогі і під час вітру створюють неприємний шум. Застосовувати разом тепловідбивальне скло і зовнішні жалюзі недоцільно, оскільки ефективність скла становить лише 5 %.

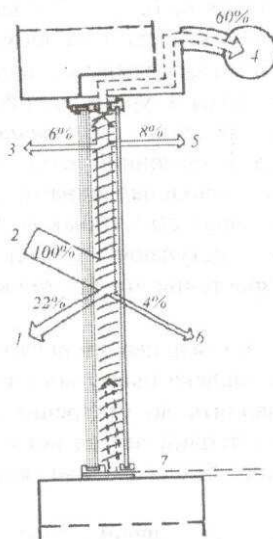


Рис. 7.5. Схема вентильованого віконного блоку з розподіленням теплоти сонячної радіації:

- 1 – відбита сонячна радіація; 2 – падаюча сонячна радіація;
- 3 – абсорбована радіація з приміщення; 4 – вилучене з приміщення вентиляційне повітря;
- 5 – абсорбована радіація у приміщенні; 6 – сонячна радіація, яка проникає у приміщення;
- 7 – вилучене з приміщення вентиляційне повітря

Коефіцієнт теплопропускання внутрішніх жалюзі залежить від тепловідбивальної здатності матеріалу, з якого вони виготовлені. Коефіцієнт відбивання теплових променів металевими жалюзі становить: алюмінієвими білими – 0,77; алюмінієвими натуральними – 0,56; алюмінієвими сірими – 0,44. Внутрішньовіконні жалюзі важко очищати від забруднення, тому їх доцільно застосовувати при добрій герметизації віконного пакета.

Одним з ефективних заходів є застосування *вентильованих вікон* з подвійним або потрійним заскленням (див. рис. 7.5). Вентиляційне повітря, яке вилучається з приміщення, рухається у просторі між зовнішнім герметизованим склопакетом і внутрішнім склом. У герметизованому склопакеті можуть передбачатись внутрішні жалюзі. В холодний період року вентильоване вікно є своєрідним утилізатором теплоти викидного вентиляційного повітря, а в теплий період – сонцезахисним пристроєм. Питома годинна витрата повітря на 1 м ширини вікна звичайно становить 40...60 м³/(год·м); коефіцієнт теплопередачі потрійного вентильованого вікна без жалюзі не перевищує 0,86 Вт/(м²·К), а з внутрішнім жалюзі – 0,6 Вт/(м²·К). Теплонадходження від сонячної радіації при відсутності жалюзі знижується на 37%; при їх наявності і повороті пластини у горизонтальне положення – на 72%, а при повороті пластини на 45° – на 82%. Затрати теплоти на опалення приміщень зменшуються на 12...15%, на кондиціювання повітря – на 27%.

7.3. СИСТЕМИ ОПАЛЕННЯ, ВЕНТИЛЯЦІЇ І КОНДИЦІОНУВАННЯ ПОВІТРЯ БУДИНКІВ З ЕФЕКТИВНИМ ВИКОРИСТАННЯМ ЕНЕРГІЇ

Частка капітальних вкладень на СКП досягає 15% вартості будинку. Експлуатаційні витрати становлять щорічно 20...50% від капітальних вкладень на СКП, а це означає, що через 10...30 років витрати на експлуатацію СКП становитимуть суму капітальних вкладень на будівництво будинку. Тому СКП слід передбачати тільки у тих випадках, коли їх застосування є необхідним, наприклад, коли технологічні особливості вимагають підтримання точно визначених параметрів повітряного середовища приміщень (текстильні цехи, підприємства електронної промисловості, музеї тощо).

Виправданим є застосування СКП або СВ тоді, коли будинок чи приміщення є оптимальними з теплотехнічного погляду і коли в них організований необхідний повітрообмін. Наприклад, у великих приміщеннях, заповнених людьми (зали зібрань, театри тощо) і в приміщеннях високого ступеня презентації (готелі, міністерства тощо). Необхідність

застосування СКП або СВ визначають за результатами відповідних економічних досліджень.

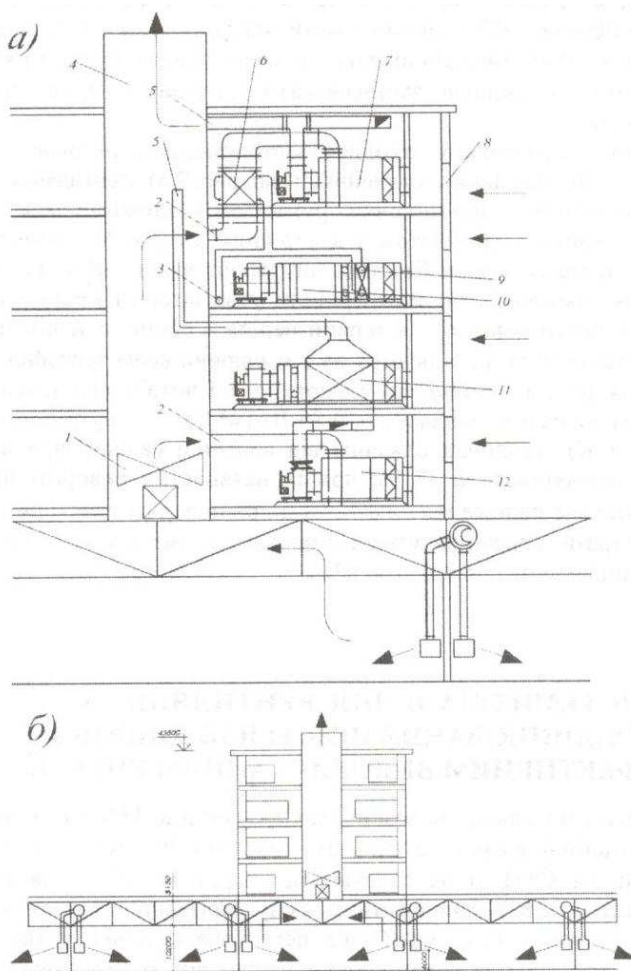


Рис. 7.6. Схема утилізації теплоти
викидного вентиляційного повітря великого виробничого будинку:

а – розташування вентиляційного і теплоутилізаційного обладнання;

б – розташування вентиляційного центру у будинку;

1 – осьовий вентилятор; 2 – забір викидного повітря для утилізації його теплоти;

3 – насос; 4 – шахта викидного повітря; 5 – викид повітря після утилізації теплоти;

6, 11 – теплоутилізатори; 7, 12 – доцільне розташування вентиляційного центру в ТПР;

8 – жалюзі; 9 – додаткові калорифери;

10 – доцільне розташування вентиляційного центру в ХПР

Невиправданим є застосування СКП або СВ з механічним спонуканням у випадку, коли потреба в них виникає внаслідок недостатньої теплостійкості будинку в ТПР.

Одним зі шляхів підвищення ефективності роботи СО і СВ є використання теплових вторинних енергетичних ресурсів (ВЕР), які містяться у викидному повітрі (газі) чи у скидній воді. Основними споживачами теплоти витяжних СВ є припливні СВ і СКП. Це залежить від значної різниці ентальпій викидного і зовнішнього повітря.

Зменшення втрат теплоти можна досягти компоновальною схемою, яку застосовують для сучасних великих промислових будинків (рис. 7.6).

В ТПР все вилучене повітря викидається через шахту в атмосферу без утилізації теплоти, а зовнішнє повітря забирають у вентиляційні центри над покрівлею будинку або через жалюзійні ґратки верхньої фасадної частини. В ХПР частина або все вилучене повітря подають у теплоутилізаційні установки, а вловлену в них теплоту використовують для нагрівання припливного повітря.

Проектування будинку з ефективним використанням енергії полягає, як правило, у розроблянні системи використання теплоти сонячної радіації. Вловлену теплоту сонячної радіації використовують для підігрівання води системи тепlopостачання будинку, частково для підігрівання припливного повітря та акумулювання.

Для оптимізації затрат енергії на нагрівання і охолодження приміщень, необхідно автоматизувати роботу систем забезпечення мікроклімату будинку.

Контрольні питання

1. Які інженерні заходи з економії теплової енергії необхідно передбачати на стадії проектування будинків і споруд?
2. Як архітектурні і об'ємно-планувальні рішення будинків впливають на ефективність витрачання теплової енергії?
3. Які теплотехнічні вимоги ставляться до вискоефективних стінових конструкцій будинків?
4. Як впливає зашклення на теплонадходження від сонячної радіації і тепловтрати будинку?
5. Завдяки яким конструктивним рішенням підвищується теплотехнічна ефективність вікон?
6. Які вимоги ставлять до систем опалення, вентиляції і кондиціонування повітря будинків з економним споживанням енергії?
7. Як впливає наявність замкнутого повітряного прошарку на термічний опір теплопередачі захисної конструкції?

ОХОРОНА ПОВІТРЯНОГО БАСЕЙНУ НАСЕЛЕНИХ ПУНКТІВ

8.1. ОСНОВНІ ЗАБРУДНЮВАЧІ ПОВІТРЯ, ЇХ РОЗПОВСЮДЖЕННЯ В АТМОСФЕРІ ТА ВПЛИВ НА ОРГАНІЗМ ЛЮДИНИ

Нині актуальною є проблема охорони довкілля, зокрема охорони повітряного басейну. Проблема забезпечення чистоти атмосферного повітря є складною. Необхідно враховувати, що небезпека шкідливих викидів в атмосферу визначається не тільки їх разовою сумарною кількістю, але й тим, що з часом кількість забруднюючих атмосферу речовин накопичується і в деяких місцях їх концентрація вже зараз значно перевищує допустимі границі.

Основними джерелами забруднення повітряного басейну міста є виробничі і побутові процеси, а також автотранспорт. При цьому забруднюючими речовинами є: тверді частинки, які утворюються під час спалювання твердого і рідкого палива, газоподібні окисли сірки (SO_2 і SO_3), окисли азоту (NO_x), оксид вуглецю (CO), діоксид вуглецю (CO_2), вуглеводні, бенз(а)пірен, абразивний пил мінеральних солей фосфатів, з'єднання ртуті, органічні кислоти, альдегіди, бензол, толуол, фреони, аміни тощо. Найнебезпечнішими для організму людини, а також і такими, які викидають у значних кількостях з продуктами спалювання, є: оксид вуглецю CO , оксиди сірки SO_2 і SO_3 і оксид азоту NO_x .

Речовини, які забруднюють атмосферу, знаходяться у повітрі в різному агрегатному стані: у вигляді твердих частинок (пил, сажа), краплин рідини, пари, газів.

Розповсюдження забруднень в атмосфері визначається метеорологічними факторами і залежить від ряду умов. Відомо, наприклад, що на територіях, які розташовані з навітряної сторони по відношенню до промислових підприємств, забруднення повітря відносно незначне. Найбільше забруднюється повітря на підвітряній стороні від підприємства. Тому у міському будівництві, при плануванні населених пунктів, розташуванні промислових підприємств і житлових районів необхідно враховувати розу вітрів даної місцевості. Однак протягом року вітри віють у всіх напрямках, тому більшою або меншою мірою забруднюється довкілля також у всіх напрямках. Велике значення має швидкість вітру: чим більша швидкість вітру, тим сильніше шкідливі речовини розбавляються повітряними масами; в тиху, безвітряну погоду шкідливі викиди розсіюються поволі, а осідаючі шкідливі речовини

зосереджуються у невеликому радіусі навколо підприємства, створюючи у приземному шарі високі, часто несприятливі концентрації. Температура повітря також суттєво впливає на розсіювання забруднень. Більш високі концентрації шкідливих речовин спостерігаються в зимову пору року під час сильних морозів у зв'язку з виникненням температурної інверсії. В цей час різко зменшуються швидкість вітру і інтенсивність турбулентності повітряних мас. Перемішування шкідливих речовин з атмосферним повітрям забезпечується молекулярною дифузією, оскільки конвективна (турбулентна) дифузія у випадку температурної інверсії незначна. Негативний вплив температурної інверсії полягає також у тому, що нижня поверхня інверсійного шару внаслідок великої щільності є екраном, від якого частково або повністю факел шкідливого викиду відбивається в напрямку землі. Приземні концентрації шкідливих речовин під час цього зростають, перевищуючи допустимі границі і стають небезпечними для здоров'я людей.

Значною мірою забруднення атмосфери залежить від вологості повітря. При високій вологості повітря в атмосфері збільшуються концентрації пилу, сажі і деяких інших шкідливих речовин.

Забруднення атмосфери впливає негативно не тільки на організм людини, але й на санітарно-побутові умови, світловий клімат міста, на рослинність, будинки і споруди. Наприклад, сірчисті сполуки діють руйнівно на будівельні матеріали і конструкції (бетон, залізобетон, металеві конструкції, вапно).

Розміри забруднення і його вплив як на людину, так і на довкілля оцінюються концентрацією шкідливостей. Державними стандартами встановлені для атмосферного повітря населених пунктів максимальні разові (ГДКраз) і середньодобові (ГДКдоб) *гранично допустимі концентрації шкідливих речовин в атмосфері* (ДГСТ 12.01.005-88). ГДКраз належать до 20...30-хвилинного інтервалу часу і визначають ступінь короткочасного впливу шкідливості на організм людини за найнесприятливіших умов забруднення атмосфери (наприклад, момент, коли відбувається раптовий викид в атмосферу шкідливих речовин). ГДКдоб враховують як "пікові", так і найменші концентрації атмосферних забруднювачів протягом доби. Отже ГДКдоб визначають фонове (на значній відстані від джерела викиду) забруднення атмосферного повітря і враховують як найнесприятливіші, так і найсприятливіші для населених пунктів метеорологічні умови. Викиди навіть одного підприємства містять декілька шкідливих речовин. У цьому випадку ГДК визначають з врахуванням того, що деякі з шкідливих речовин взаємно посилюють ефект впливу, тобто створюють ефект сумарної дії: наприклад, ацетон і фенол; бензол і ацетофенол; сірчистий газ і двоокис азоту тощо.

При наявності у повітрі декількох речовин, які створюють ефект сумарної дії, сума їх відносних концентрацій не повинна перевищувати

одиниці, тобто:

$$\frac{C_1}{ГДК_1} + \frac{C_2}{ГДК_2} + \dots + \frac{C_n}{ГДК_n} \leq 1, \quad (8.1)$$

де $C_1, C_2, \dots, C_n$ – фактичні концентрації відповідної речовини в атмосферному повітрі, мг/м³; $ГДК_1, ГДК_2, \dots, ГДК_n$ – гранично допустимі концентрації відповідної речовини, які встановлені для їх індивідуальної (ізолюваної) дії, мг/м³.

Концентрація шкідливих речовин в місцях розташування повітрозбірних пристроїв СВ і СКП виробничих і адміністративно-побутових будинків не повинна перевищувати 30% ГДК у повітрі робочої зони цих будинків.

ГДК шкідливостей атмосферного повітря населених пунктів значно нижчі від ГДК шкідливостей робочої зони виробничих приміщень. Початковою умовою забезпечення чистоти атмосферного повітря є гранично допустимі викиди шкідливої речовини (ГДВ). Згідно ДГСТ 17.2.3.02-78 ГДВ визначають враховуючи, що викиди шкідливих речовин від даного джерела і сукупності всіх інших джерел населеного пункту з врахуванням перспективи розвитку промислових підприємств і розсіювання шкідливих речовин в атмосфері, не створюють приземну концентрацію (на висоті 1,5...2 м від поверхні землі), яка перевищує ГДК для населення, рослин і тварин. ГДВ встановлюють розрахунком розсіювання шкідливих викидів в атмосфері.

8.2. ЗАХОДИ ЩОДО ЗМЕНШЕННЯ ЗАБРУДНЕННЯ ПОВІТРЯНОГО БАСЕЙНУ

1. Заходи, які передбачають у міському будівництві:

- в містах **не допускається** будувати промислові підприємства, які сильно забруднюють атмосферу (хімічні, металургійні тощо);
- застосування найдосконаліших методів спалювання палива і очищення димових газів;
- розташування підприємства на підвищених місцях, які добре продуваються вітром;
- по відношенню до найближчого житлового району нові промислові підприємства потрібно розташовувати з врахуванням рози вітрів, з підвітряної сторони переважаючих вітрів і відділяти санітарно-захисними зонами. *Залежно від шкідливості викидів* промислові підприємства поділяють на *n'ять класів*, для кожного класу з них встановлена санітарно-захисна зона: I – 1000 м; II – 500 м; III – 300 м; IV – 100 м; V – 50 м. Територія цих зон повинна бути озеленена;
- для зниження впливу автотранспорту на чистоту повітряного басейну необхідно: передбачити мережу вантажних шляхів і магістралей

швидкісного руху; забезпечити можливість рівномірного руху транспортних потоків шляхом створення кратних відстаней між перетинами вулиць; покращити умови руху будівництвом магістралей, які не перетинаються (у двох рівнях) тощо;

- передбачити захисні смуги лісових насаджень (дерев, кущів і трави), які мають здатність засвоювати кисень, який міститься в оксиді і діоксиді вуглецю та інших шкідливостей, і виділяти в атмосферу чистий кисень.

2. Технологічні і санітарно-технічні заходи:

- створення безвідходних і маловідходних технологічних процесів, які є радикальним засобом боротьби за чистоту повітря;
- удосконалення технологічних процесів з метою зменшення шкідливих викидів, герметизація обладнання, утилізація відходів виробництва;
- очищення викидного повітря промислових підприємств від шкідливих речовин;
- попередня підготовка палива до спалювання з метою зменшення у ньому сірчистих сполук і золи;
- заміна твердого і рідкого палива газовим (якщо це економічно доцільно);
- створення енергоекономічних двигунів внутрішнього згоряння, електромобілів, екологічно чистих транспортних засобів, які не забруднюють атмосфери;
- спорудження викидних труб значної висоти (200 м і більше) з метою викиду шкідливостей у високі шари атмосфери (вище шару інверсії).

8.3. ОЧИЩЕННЯ ВЕНТИЛЯЦІЙНИХ І ТЕХНОЛОГІЧНИХ ВИКИДІВ

Для очищення технологічних і вентиляційних викидів від пилових або інших завислих частинок застосовують такі типи апаратів:

- *сухі пиловловлювачі* (пилоосаджувальні камери різних конструкцій, інерційні пило- і бризковловлювачі, циклони і мультициклони). Пилоосаджувальні камери вловлюють частинки розміром 40...50 мкм і більше, інерційні пиловловлювачі – понад 25...30 мкм, циклони – 10...20 мкм.

- *мокрі пиловловлювачі* (скрубери, пінні промивачі, труби Вентурі тощо), які ефективніші, ніж сухі пиловловлювачі. Скрубер вловлює пилові частинки розміром понад 10 мкм, скрубер, поєднаний з трубою Вентурі – розміром менше ніж 1 мкм.

- *фільтри* (олійні, касетні, рукавні тощо) вловлюють частинки пилу розміром 0,5 мкм і більше.

- *електрофільтри* (застосовують для очищення газів). Вони вловлюють частинки розміром 0,01 мкм і більше.

- *комбіновані пиловловлювачі* (багатосхідчасті, які складаються не менше ніж з двох різних типів пиловловлювачів).

Ефективним і не дуже дорогим пиловловлювачем для грубого очищення викидного повітря є **циклон** (рис. 8.1). Запилене повітря вентилятором подається у верхню частину зовнішнього циліндра циклона. У циклоні повітря рухається обертально-поступально зверху-униз, внаслідок чого відцентровими силами пилові частинки відкидаються на стінку зовнішнього циліндра, зсуваються по ній униз у конічну частину корпусу і через його нижній отвір випадають в бункер-накопичувач. Очищене повітря через внутрішній циліндр викидається в атмосферу. Ступінь очищення повітря в циклоні 85...90%.

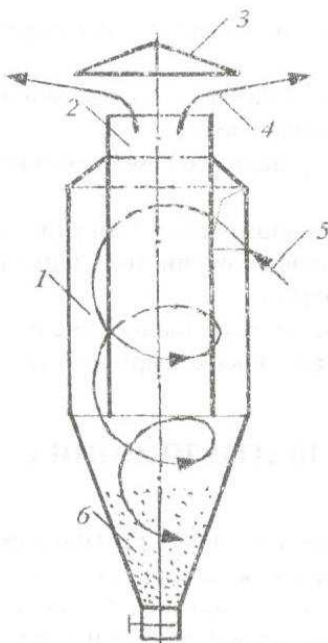


Рис. 8.1. Схема циклона:

1 – циліндрична частина корпусу; 2 – внутрішня труба; 3 – зонт;
4 – очищене викидне повітря; 5 – запилене повітря; 6 – конічна частина корпусу

Особливістю *пиловловлювачів мокрого типу* є захоплення вловлюваних частинок рідиною, якою потім вони виносяться з апарату у вигляді шламу. Процесу вловлювання пилу в мокрих пиловловлювачах сприяє конденсаційний ефект, який проявляється в попередньому

укрупнені частинок внаслідок конденсації на них водяної пари. Ступінь очищення повітря в скрубєрі біля 97 %.

Принцип дії **пінного пиловловлювача** (рис. 8.2) заснований на проходженні повітряних струминок через водний прошарок Їх застосовують для очищення повітря від погано змочуваного і дорогого пилу з початковим забрудненням 10 г/м^3 .

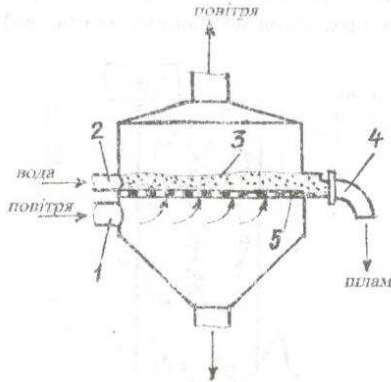


Рис. 8.2. Схема пінного пиловловлювача:

- 1 – патрубок; 2 – штуцер для подавання води; 3 – водяний прошарок;
4 – трубопровід для відведення шламів; 5 – провальна ґратка

Для середнього і тонкого очищення запиленого повітря застосовують різні *матерчасті фільтри*, наприклад, **рукавний**, схема якого зображена на рис. 8.3. Рукавні матерчасті фільтри ефективно застосовують у багатьох галузях промисловості, особливо в тих, в яких вловлений пил є цінним продуктом (наприклад, у цукровій промисловості, мукомольній тощо). Завдяки високій ефективності вловлювання пилу очищене повітря можна повертати у виробничі приміщення, що дозволяє економити теплоту в ХПР.

Принцип дії **електрофільтра** полягає в тому, що пилові частинки повітряного потоку, який проходить в електричному полі, набувають негативного заряду і осідають на осаджувальних електродах, з яких потім видаляються механічним способом. Ступінь очищення в електрофільтрах 88...98%.

В **ультразвукових пиловловлювачах** використовують здатність пилових частинок до коагуляції під дією потужних звукових коливань, що дуже важливо для вловлювання з повітря аерозолей. Укрупнені частинки випадають в осаджувальний бункер. Звуковий ефект створюється обертовими або стаціонарними сиренами.

Фільтром, який практично повністю вловлює пил забрудненого

повітряного потоку є **фільтр-поглинач академіка Петрянова (ФПП)**. Такі фільтри застосовують у респираторах за наявності радіоактивного пилу. Для очищення технологічних і вентиляційних викидів від шкідливих газів застосовують **адсорбери** і **абсорбери**. В адсорберах забруднений повітряний потік проходить крізь шар твердого адсорбента, наприклад, активованого вугілля, силікагелю, окису алюмінію тощо. Під час цього шкідливі гази і пара поглинаються адсорбентом і пізніше можуть бути видалені з нього. Схема адсорбера зображена на рис. 8.4.

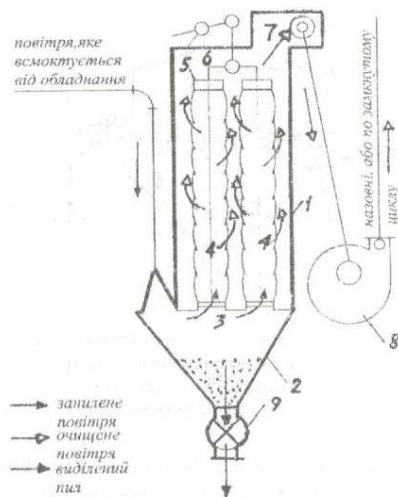


Рис. 8.3. Схема рукавного матерчатого фільтра:

- 1 – металевий корпус; 2 – конічна частина корпусу (для збирання вловленого пилу);
- 3 – дно з отворами для рукавів; 4 – рукави з ворсистієї тканини; 5 – заглишки рукавів;
- 6 – механізм струшування рукавів; 7 – отвір для виходу очищеного повітря;
- 8 – вентилятор; 9 – шлюзовий затвор

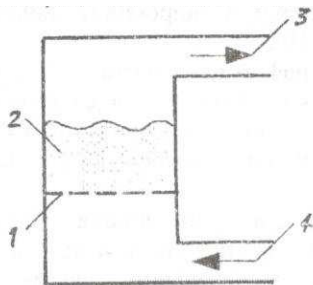


Рис. 8.4. Схема адсорбера:

- 1 – сітка; 2 – адсорбент; 3 – очищений потік; 4 – забруднений потік

В абсорберах (рис. 8.5) для очищення застосовують, як правило, рідкі речовини, наприклад, розчини солей (абсорбенти), які поглинають шкідливі гази і пару. Під час цього деякі шкідливі речовини розчиняються абсорбентом, а інші вступають з ним в реакцію. Як абсорбери можуть застосовуватись зрошувальні камери кондиціонерів, а також пінні апарати, очищувачі Вентурі та ін.

Поширеним способом очищення повітря від газів, газоподібних і органічних шкідливих речовин є *доспалювання*, яке можливе у тих випадках, коли шкідливі речовини здатні до окислення. Якщо концентрація домішок постійна і перевищує границі займання, то застосовують доспалювальні газові пальники. При низьких концентрацій шкідливих речовин, які близькі до границі займання, використовують *каталітичне окислення*. Завдяки каталізатору (наприклад, платині) відбувається екзотермічне окислення органічних з'єднань при температурах, які значно нижчі границі займання. Каталітичне окислення – поверхнєве, тому необхідний тонкий шар каталізатора з максимальною площею поверхні контакту з газовим потоком. Така поверхня досягається при нанесенні каталізатора, на кулі або кільця.

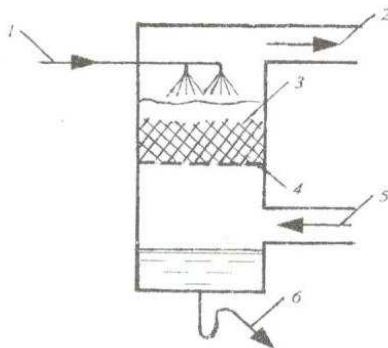


Рис. 8.5. Схема абсорбера:

1 – абсорбент; 2 – очищений потік; 3 – насадка ; 4 – сітка;
5 – забруднений потік; 6 – викид у каналізацію

8.4. ЕКОНОМІЧНА ОЦІНКА ТА ЕФЕКТИВНІСТЬ ЗАХОДІВ З ОХОРОНИ ПОВІТРЯНОГО БАСЕЙНУ

Економіко-екологічна ефективність системи проектно-будівельних заходів щодо запобігання забруднення повітряного басейну полягає в покращенні стану довкілля, а також у використанні вловлених речовин, які містяться у вентиляційних і технологічних викидах, у виробництві. Покращення санітарно-гігієнічних умов без додаткових затрат забезпе-

чується відповідним плануванням забудови з врахуванням рельєфу місцевості і конкретних метеорологічних умов. Найефективнішими заходами з охорони повітряного середовища є створення централізованих систем енерго- і теплопостачання, раціональних транспортних систем і систем комплексного промислового перероблення усіх видів відходів, які утворюються на території забудови, а також застосування висотних труб для розсіювання викидів в атмосфері.

Контрольні питання

1. Які основні джерела і види забруднювачів повітряного басейну спостерігаються на Україні.
2. Як оцінюють розміри забруднення повітряного басейну і його вплив на людину?
3. Які заходи ефективно впливають на зменшення забруднення повітряного басейну?
4. Які апарати використовують для очищення вентиляційних і технологічних викидів від пилу?
5. Які особливості пиловловлювання в апаратах середнього і тонкого очищення відпрацьованого вентиляційного повітря?
6. Яке обладнання використовують для очищення відпрацьованого повітря від шкідливих газів?

ДОДАТКИ

Додаток 1

Температура зовнішнього повітря

№ п/п	Назва міста	Температура зовнішнього повітря, °C						Період з середньодобовою температурою повітря $\leq 8^{\circ}\text{C}$		Серед- ня тем- пера- тура най- більш холод- ного періо- ду, °C	Три- ва- лість пе- ріоду з се- ред- ньо- добо- вою тем- пе- рату- рою $\leq 0^{\circ}\text{C}$, дів	Кіль- кість гра- дусо- дів опа- лю- валь- ного періо- ду, г-д	Тем- пе- ра- тур- на зона
		Се- ред- ньо- річ- на	Аб- со- лют- на міні- маль- на	Аб- со- лют- на макс- си- маль- на	Серед- ня макси- маль- на най- більш гаря- чого місяця	Най- більш холод- ної добы забез- пече- ністю 0,92	Най- більш холод- ної п'яти- денки забез- пече- ністю 0,92	трива- лість, дів	се- ред- ня тем- пе- ра- тура, °C				
1	Бердянськ	9,6	-29	39	27,7	-22	-19	168	0	-7	98	3024	II
2	Вінниця	6,7	-36	38	24,6	-26	-21	189	-1,1	-10	116	3610	I
3	Джанкой	10,5	-30	41	29,6	-21	-17	160	1,5	-5	65	2640	III
4	Дніпропетровськ	8,5	-34	40	28,2	-26	-23	175	-1	-9	109	3325	II
5	Донецьк	7,5	-37	40	27,6	-27	-23	183	-1,8	-10	122	3623	I
6	Євпаторія	11	-28	40	28,6	-20	-16	149	2,4	-3	38	2324	IV
7	Житомир	6,8	-35	38	24,9	-25	-22	192	-0,8	-9	116	3610	I
8	Запоріжжя	9	-34	41	28,9	-25	-22	174	-0,4	-8	102	3202	II

№ п/п	Назва міста	Температура зовнішнього повітря, °С						Період з середньодобовою температурою повітря $\leq 8^{\circ}\text{C}$		Серед- ня тем- пера- тура най- більш холод- ного періо- ду, °С	Три- ва- лість пе- ріоду з се- ред- ньо- добовою тем- пе- рату- рою $\leq 0^{\circ}\text{C}$, діб	Кіль- кість гра- дусо- діб опа- лю- валь- ного періо- ду, г-д	Тем- пе- ра- тур- на зона
		Се- ред- ньо- річ- на	Аб- со- лют- на міні- маль- на	Аб- со- лют- на макс- си- маль- на	Серед- ня макси- маль- на най- більш гаря- чого місяця	Най- більш холод- ної доби забез- печен- ністю 0,92	Най- більш холод- ної п'яти- денки забез- печен- ністю 0,92	трива- лість, діб	се- ред- ня тем- пе- ра- тура, °С				
9	Івано- Франківськ	7,3	-34	37	24,6	-24	-20	184	-0,1	-9	102	3330	II
10	Ізмаїл	9,8	-28	37	29,0	-17	-14	165	1,0	-5	65	2805	III
11	Керч	11,7	-25	38	27,8	-19	-15	144	2,9	-4	56	2174	IV
12	Київ	7,2	-32	39	25,6	-26	-22	187	-1,1	-10	118	3572	I
13	Кіровоград	7,5	-35	40	23,5	-26	-22	185	-1	-9	116	3515	I
14	Конотоп	6	-36	38	25,8	-28	-24	195	-2,1	-11	125	3920	I
15	Луганськ	8	-42	41	29,1	-29	-25	180	-1,6	-10	117	3528	I
16	Луцьк	7,2	-34	38	24,4	-24	-20	187	-0,2	-8	105	3403	II
17	Львів	6,7	-33	37	23	-23	-19	191	-0,2	-9	106	3476	II
18	Любашівка	8,2	-34	38	27,2	-24	-20	178	-0,6	-9	108	3311	II
19	Маріуполь	7,5	-37	40	28,4	-27	-23	168	-1,4	-9	114	3259	II

Продовження дод. 1

№ п/п	Назва міста	Температура зовнішнього повітря, °С						Період з середньодобовою температурою повітря ≤8 °С		Серед- ня тем- пера- тура най- більш холод- ного періо- ду, °С	Три- ва- лість пе- ріоду з се- ред- ньо- добовою тем- пе- рату- рою ≤0 °С, діб	Кіль- кість гра- дусо- діб опа- лю- валь- ного періо- ду, г-д	Тем- пе- ра- тур- на зона
		Се- ред- ньо- річ- на	Аб- со- лют- на міні- маль- на	Аб- со- лют- на макс- си- маль- на	Серед- ня макси- маль- на най- більш гаря- чого місяця	Най- більш холод- ної добы забез- печен- ністю 0,92	Най- більш холод- ної п'яти- денки забез- печен- ністю 0,92	трива- лість, діб	се- ред- ня тем- пе- ра- тура, °С				
20	Миколаїв	9,8	-30	40	29,3	-23	-20	165	0,4	-7	31	2904	III
21	Одеса	9,8	-28	37	26,9	-21	-18	165	1	-6	78	2805	III
22	Полтава	7	-37	38	26,5	-27	-23	187	-1,9	-11	124	3721	I
23	Рівне	6,9	-36	38	24,2	-25	-21	191	-0,5	-9	112	3534	I
24	Севастополь	12,4	-20	39	26,8	-14	-11	140	3,6	0	8	2016	IV
25	Сімферополь	10,2	-29	40	28,2	-20	-16	158	1,9	-4	56	2544	III
26	Слав'янськ	7,5	-37	40	28,9	-27	-23	183	-1,6	-10	122	3587	I
27	Суми	6	-36	38	25,4	-28	-24	195	-2,5	-12	131	3998	I
28	Тернопіль	6,9	-34	37	24,1	-24	-21	190	-0,5	-9	112	3515	I
29	Ужгород	9,6	-28	40	26,1	-22	-18	162	1,6	-6	70	2657	III
30	Умань	7,2	-37	38	25,9	-26	-22	188	-1	-9	117	3572	I
31	Феодосія	11,7	-25	38	28,1	-19	-15	144	2,9	-2	16	2174	IV

Продовження дод. 1

№ п/п	Назва міста	Температура зовнішнього повітря, °С						Період з середньодобовою температурою повітря ≤8 °С		Серед- ня тем- пера- тура най- більш холод- ного періо- ду, °С	Три- ва- лість пе- ріоду з се- ред- ньо- добо- вою тем- пе- рату- рою ≤0 °С, дів	Кіль- кість гра- дусоді- б опа- лю- валь- ного періо- ду, г-д	Тем- пе- ра- тур- на зона
		Се- ред- ньо- річ- на	Аб- со- лют- на міні- маль- на	Аб- со- лют- на макс- силь- на	Серед- ня максимал- на най- більш гаря- чого місяця	Най- більш холод- ної добы забез- печені- стю 0,92	Най- більш холод- ної п'яти- денки забез- печені- стю 0,92	трива- лість, дів	се- ред- ня тем- пе- ра- тура, °С				
32	Харків	6,9	-36	39	26,7	-28	-23	189	-2,1	-11	126	3799	I
33	Херсон	9,8	-32	39	29,4	-23	-19	167	0,6	-7	87	2906	III
34	Хмельницький	6,8	-32	36	24,7	-25	-21	191	-0,6	-9	113	3553	I
35	Черкаси	7,2	-37	38	26,3	-26	-22	189	-1	-9	117	3591	I
36	Чернівці	7,8	-32	38	25,6	-24	-20	179	-0,2	-9	102	3258	II
37	Чернігів	6,5	-34	39	25	-27	-23	191	-1,7	-10	126	3763	I
38	Ялта	13	-15	39	27,9	-8	-6	126	5,2	1	0	1613	IV

Примітка. Кількість градусодіб опалювального періоду вказано для приміщень з температурою +18 °С. Для приміщень з іншою температурою слід приймати коефіцієнт $k = (t_b - \bar{t}_{o.p}) / (18 - \bar{t}_{o.p})$, де t_b - температура повітря в приміщенні, °С; $\bar{t}_{o.p}$ - середня температура опалювального періоду, °С.

Розрахункові параметри зовнішнього повітря

№ п/п	Назва міста	Роз- ра- хун- кова гео- гра- фіч- на ши- рота, град. пн.ш	Баро- мет- рич- ний тиск, гПа	Період року	Категорія А			Категорія Б			Серед- ньо- добовий пере- пад темпе- рату- ри, °С
					Тем- пе- ра- тура, °С	Пито- ма ен- таль- пія, кДж/кг	Швид- кість вітру, м/с	Тем- пе- ра- тура, °С	Пито- ма ен- таль- пія, кДж/кг	Швид- кість вітру, м/с (d, г/кг)	
1	Бердянськ	46	1010	Теплий Холодний	25,9 -7	53,9 -2,5	1 5,0	30,5 -19	63 -17,6	1 (12,7) 5,0	12,5 —
2	Вінниця	48	970	Теплий Холодний	23 -10	53,6 -6,7	2,8 7,1	27,3 -21	56,9 -19,4	2,8 (11,6) 5,2	11,9 —
3	Джанкой	46	1010	Теплий Холодний	27,8 -5	58,9 0	1 6,3	32,4 -17	63 -15,5	1 (11,9) 6,3	14 —
4	Дніпропетровськ	48	1010	Теплий Холодний	26,5 -9	54 -5,4	1 7	31 -23	57,4 -22	1 (10,3) 5,7	11,3 —
5	Донецьк	49	1010	Теплий Холодний	25,3 -10	54,7 -6,7	1 6,2	30,4 -23	53,9 -22,2	1 (9,1) 6,2	13,9 —
6	Євпаторія	45	1010	Теплий Холодний	26,8 3	63 -2,7	4 7,1	31,4 -16	67 -14,2	4 (13,9) 7,1	8,4 —

Продовження дод. 2

№ п/п	Назва міста	Роз- ра- хун- кова гео- гра- фіч- на ши- рота, град. пн.ш	Баро- мет- рич- ний тиск, гПа	Період року	Категорія А			Категорія Б			Серед- ньодо- бовий пере- пад темпе- рату- ри, °С
					Тем- пе- ра- тура, °С	Пито- ма ен- таль- пія, кДж/кг	Швид- кість вітру, м/с	Тем- пе- ра- тура, °С	Пито- ма ен- таль- пія, кДж/кг	Швид- кість вітру, м/с (d, г/кг)	
7	Житомир	48	990	Теплий Холодний	23,1 -9	50,5 -5,2	1 5,4	27,7 -22	54,7 -21	1 (10,5) 5,4	10,8 —
8	Запоріжжя	48	1010	Теплий Холодний	27,1 -8	55,7 -5,4	1 7,8	31,2 -22	58,6 -21,2	1 (10,7) 7,1	12,5 —
9	Івано-Франківськ	48	970	Теплий Холодний	22,8 -9	54,7 -5,4	1 5,8	27,4 -20	58,9 -18,9	1 (12,3) 5,8	11,2 —
10	Ізмаїл	44	1010	Теплий Холодний	27,2 -5	58,6 0	1 9	31,8 -14	61,5 -11,7	1 (11,5) 7	11,8 —
11	Керч	44	1010	Теплий Холодний	26 -4	60,7 1,3	4,1 10,2	30,3 -15	62,8 -13	4,1 (12,7) 9	11 —
12	Київ	51	990	Теплий Холодний	23,7 -10	53,6 -6,7	1 5,3	28,7 -22	56,1 -20,7	1 (10,7) 4,2	10,8 —
13	Кіровоград	48	990	Теплий Холодний	25,8 -9	55,3 -5,4	1 6,7	29,7 -22	57,4 -20,7	1 (10,8) 5,7	12,9 —

Продовження дод. 2

№ п/п	Назва міста	Роз- ра- хун- кова гео- графіч- на ши- рота, град. пн.ш	Баро- мет- рич- ний тиск, гПа	Період року	Категорія А			Категорія Б			Серед- ньодо- бовий пере- пад темпе- рату- ри, °С
					Тем- пе- ра- тура, °С	Пито- ма ен- таль- пія, кДж/кг	Швид- кість вітру, м/с	Тем- пе- ра- тура, °С	Пито- ма ен- таль- пія, кДж/кг	Швид- кість вітру, м/с (d, г/кг)	
14	Конотоп	52	990	Теплий Холодний	24 -11	52,3 -8	1 5	28 -24	55,7 -22,2	1 (10,8) 4,3	11,6 —
15	Луганськ	48	1010	Теплий Холодний	27,4 -10	55,3 -6,7	1 6,7	31,8 -25	58,6 -24,3	1 (10,4) 5,2	13,9 —
16	Луцьк	52	970	Теплий Холодний	22,6 -8	50,5 -4,2	1 6,3	27,2 -20	54,7 -18,9	1 (10,7) 6,3	10,3 —
17	Львів	48	970	Теплий Холодний	22,1 -9	53,2 -2,5	1 7,1	26,4 -19	57,4 -17,6	1 (12,1) 5,1	10,6 —
18	Любашівка	49	990	Теплий Холодний	25,4 -9	54,7 -5	1 7,4	30 -20	58,9 -18,9	1 (11,2) 7,4	11,1 —
19	Маріуполь	48	1010	Теплий Холодний	26,6 -9	57,8 -5,4	3,6 12	31,8 -23	60,7 -22,2	3,6 (11,2) 8	11,4 —
20	Миколаїв	48	1010	Теплий Холодний	27,9 -7	58,2 -2,9	3,2 11	31 -20	62 -18,6	3,2 (12,1) 10	12,5 —

Продовження дод. 2

№ п/п	Назва міста	Роз- ра- хун- кова гео- гра- фіч- на ши- рота, град. пн.ш	Баро- мет- рич- ний тиск, гПа	Період року	Категорія А			Категорія Б			Серед- ньодо- бовий пере- пад темпе- рату- ри, °С
					Тем- пе- ра- тура, °С	Пито- ма ен- таль- пія, кДж/кг	Швид- кість вітру, м/с	Тем- пе- ра- тура, °С	Пито- ма ен- таль- пія, кДж/кг	Швид- кість вітру, м/с (d, г/кг)	
21	Одеса	48	1010	Теплий Холодний	25 -6	59 -1,3	3,3 12	28,6 -18	62 -16,3	3,3 (13,0) 11	8,8 —
22	Полтава	48	990	Теплий Холодний	24,5 -11	53,6 -8	4,4 6,8	29,4 -23	56,5 -21,9	4,4 (10,6) 6,2	11,5 —
23	Рівне	52	970	Теплий Холодний	22,6 -9	51,5 -5,4	1 6,8	25,1 -21	55,3 -19,7	1 (11,8) 5,1	10,7 —
24	Севастополь	44	1010	Теплий Холодний	25 0	60,7 -7,1	2,3 10,2	29,4 -11	64,5 -8,4	2,3 (13,7) 9	8,5 —
25	Сімферополь	44	970	Теплий Холодний	26,1 -4	59,5 1,3	1 3,2	31,8 -16	63,2 -14,2	1 (12,2) 8	14 —
26	Слав'янськ	48	990	Теплий Холодний	27,1 -10	54,4 -6,7	1 6,8	31,2 -23	58,2 -24,3	1 (10,5) 5,2	13,2 —
27	Суми	52	990	Теплий Холодний	23,6 -12	50,5 -9,2	1 5,9	28,2 -24	54,3 -23,7	1 (10,2) 5,9	10,7 —

Продовження дод. 2

№ п/п	Назва міста	Роз- ра- хун- кова гео- графіч- на ши- рота, град. пн.ш	Баро- мет- рич- ний тиск, гПа	Період року	Категорія А			Категорія Б			Серед- ньодо- бовий пере- пад темпе- рату- ри, °С
					Тем- пе- ра- тура, °С	Пито- ма ен- таль- пія, кДж/кг	Швид- кість вітру, м/с	Тем- пе- ра- тура, °С	Пито- ма ен- таль- пія, кДж/кг	Швид- кість вітру, м/с (d, г/кг)	
28	Тернопіль	48	970	Теплий Холодний	22,1 -9	52,8 -5	1 7,1	26,8 -21	57,4 -19,7	1 (11,9) 5,1	11,8 –
29	Ужгород	48	990	Теплий Холодний	24,2 -6	54,4 -1,3	1 6	28,1 -18	58,6 -16,3	1 (11,9) 4,3	11,1 –
30	Умань	48	990	Теплий Холодний	24,1 -9	53,6 -5	1 7,1	28,7 -22	57,8 -19,7	1 (11,3) 5,7	12,7 –
31	Феодосія	45	1010	Теплий Холодний	26,3 -2	63 1,3	1 6	30,9 -15	67 -13	1 (14,1) 6	8,2 –
32	Харків	50	990	Теплий Холодний	25,1 -11	52,8 -8	1 6,7	29,4 -23	56,1 -22,2	1 (10,4) 6,1	11,6 –
33	Херсон	48	1010	Теплий Холодний	29 -7	57,8 -2,9	1 9,9	30,6 -19	61,5 -17,3	1 (12,0) 8	12,7 –
34	Хмельницький	48	970	Теплий Холодний	22,9 -9	54,7 -5,2	1 5,7	27,5 -21	53,9 -20,1	1 (10,3) 5,7	10,9 –

Продовження дод. 2

№ п/п	Назва міста	Роз- ра- хун- кова гео- графіч- на ши- рота, град. пн.ш	Баро- мет- рич- ний тиск, гПа	Період року	Категорія А			Категорія Б			Серед- ньодо- бовий пере- пад темпе- рату- ри, °С
					Тем- пе- ра- тура, °С	Пито- ма ен- таль- пія, кДж/кг	Швид- кість вітру, м/с	Тем- пе- ра- тура, °С	Пито- ма ен- таль- пія, кДж/кг	Швид- кість вітру, м/с (d, г/кг)	
35	Черкаси	50	990	Теплий Холодний	24,5 -9	54,7 -5,2	1 6,0	29,1 -22	58,9 -21	1 (11,6) 6,0	11,2 –
36	Чернівці	48	970	Теплий Холодний	23,8 -9	54,7 -5,4	1 5,4	28,4 -20	58,9 -18,9	1 (11,9) 5,4	10,6 –
37	Чернігів	52	990	Теплий Холодний	23,2 -10	51,5 -6,7	1 4,2	27,8 -23	54,4 -21,9	1 (10,4) 3,8	11 –
38	Ялта	44	1010	Теплий Холодний	26,3 1	61,1 8	1 9	30,5 -6	64,5 -2,5	1 (13,2) 8,7	8,4 –

Примітки. 1. Для інших міст розрахункові параметри зовнішнього повітря слід приймати за найближчим з вказаних у додатку міст.

2. Системи опалення розраховують за категорією Б в ХПР. Системи вентиляції – за категорією А в ТПР і за категорією Б в ХПР. Системи кондиціонування – в ТПР І класу (технологічні СКП) за категорією Б; II класу (комфортні і комфортно-технологічні СКП) за категорією Б₂, для якої $t_{зБ_2} = t_{зБ} - 2, \text{ } ^\circ\text{C}$, $l_{зБ_2} = l_{зБ} - 2, \text{ кДж/кг}$; III класу (вентиляційні СКП) за категорією А; в ХПР будь-якого класу за категорією Б.

**Середня температура внутрішнього повітря деяких будинків в
холодний період року для опалення**

Призначення будинку	$t, ^\circ\text{C}$	Призначення будинку	$t, ^\circ\text{C}$
Житлові будинки, готелі, гуртожитки, адміністративні будинки	18	Кінотеатри	14
		Гаражі	10
Навчальні заклади, лабора- торії, підприємства громад- ського харчування, клуби і будинки культури	16	Дитячі садки і яслі, поліклініки, амбула- торії, диспансери і лікарні	20
Театри, магазини, пральні, пожежні депо	15	Бані	25

**Нормативи опору теплопередачі зовнішніх огорожувальних
конструкцій житлово-цивільних будинків і споруд для
нового будівництва, реконструкції та капітального ремонту**

№ п/п	Найменування огорожувальних конструкцій	Нормативні значення опору теплопередачі огорожувальних конструкцій $R_{\text{норм}}, \text{м}^2 \cdot \text{К/Вт}$			
		Температурні зони України			
		1 зона >3501 г-д	2 зона 3001- 3500 г-д	3 зона 2501- 3000 г-д	4 зона <2500 г-д
А. НОВЕ БУДІВНИЦТВО					
ЗОВНІШНІ СТІНИ					
1.	Великопанельні, монолітні та об'ємноблокові з утеплювачами: а) із полімерних матеріалів б) із мінераловати або інших матеріалів	2,5 2,2	2,4 2,1	2,2 1,9	2,0 1,8
2.	Блокові: а) із ніздрюватого бетону б) з пористими заповнювачами	2,0 1,8	1,9 1,7	1,7 1,5	1,5 1,3
3.	Цегляні, з керамічних каменів та дрібних блоків: а) повнотілі з утеплювачем б) багатошліинні	2,2 1,6	2,1 1,5	1,9 1,4	1,7 1,2
ПОКРІВЛІ ТА ПЕРЕКРИТТЯ					
4.	Покрівлі та перекриття горищ (крім «тепліх» горищ)	2,7	2,5	2,4	2,0
5.	Перекриття над проїздами та холодними підвалами, які контактують із зовнішнім повітрям	3,0	2,9	2,4	2,0

№ п/п	Найменування огороджувальних конструкцій	Нормативні значення опору теплопередачі огороджувальних конструкцій $R_{\text{норм}}, \text{м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$			
		Температурні зони України			
		1 зона >3501 Г-Д	2 зона 3001- 3500 Г-Д	3 зона 2501- 3000 Г-Д	4 зона <2500 Г-Д
6.	Перекрыття над неопалювальними підвалами:				
	а) із світловими отворами в стінах	2,5	2,4	2,2	2,0
	б) без світлових отворів в стінах	2,3	2,2	2,0	1,8
	ВІКНА ТА БАЛКОННІ ДВЕРІ	0,50	0,42	0,42	0,39
Б. РЕКОНСТРУКЦІЯ, КАПІТАЛЬНИЙ РЕМОНТ					
1.	Зовнішні стіни	2,2	2,1	1,9	1,7
2.	Покрівлі та перекрыття горищ	2,5	2,4	2,2	2,0
3.	Перекрыття над проїздами та підвалами	Як для нового будівництва			
4.	Вікна та балконні двері				

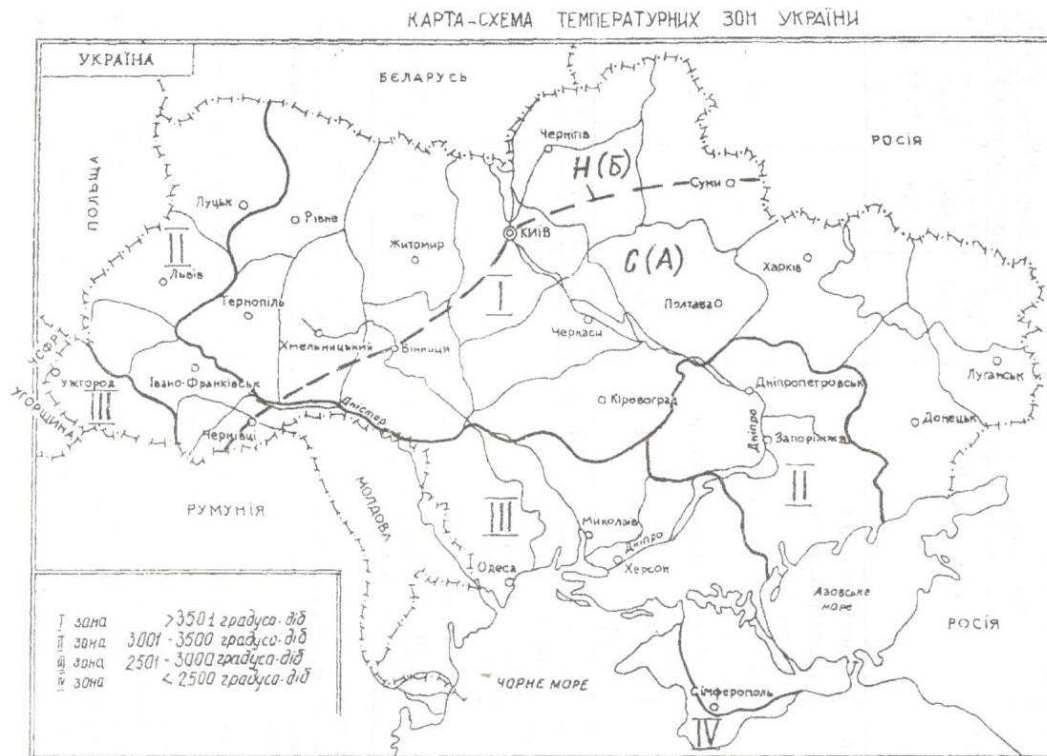
Примітки. 1. Визначення температурних зон заданого району будівництва та реконструкції виконується за схемою температурних зон України (дод.5). При необхідності температурна зона може бути визначена за кількістю градусодіб опалювального періоду відповідно формулі:

$$КГД = (t_b - t_{o,n}) \cdot Z_{o,n}, \text{Г-Д},$$

де КГД – кількість градусодіб; $t_b = 18^\circ\text{C}$ – розрахункова температура зовнішнього повітря; $t_{o,n}$ – середня температура опалювального періоду, $^\circ\text{C}$; $Z_{o,n}$ – тривалість опалювального періоду, діб.

2. Якщо розрахункова температура внутрішнього повітря більше (менше) $t_b = 18^\circ\text{C}$, то для всіх огороджувальних конструкцій (крім вікон та балконних дверей) табличні величини збільшуються (зменшуються) в розмірі 5% на кожний градус.

3. Опір теплопередачі огороджувальних конструкцій «тепліх» горищ визначається тепловим розрахунком згідно до «Рекомендації з проектування залізобетонних дахів з теплим горищем». – М.: ЦПДІЕП житла, 1977.



Значення потрібних термічних опорів теплопередачі віконних прорізів і ліхтарів

Будинки і приміщення	Різниця температур ($t_b - t_{x5}$), °C	Потрібний термічний опір теплопередачі $R_3^{\text{потр}}$, м ² ·К/Вт		
		Вікон і бал-Конних дверей	ліхтарів	
			П-подіб-них	зеніт-них
1. Житлові будинки, лікарняні заклади, будинки-інтернати для престарілих та інвалідів, школи, дитячі заклади	До 25	0,2	-	0,18
	25...44	0,4	-	0,36
	44...49	0,44	-	0,36
	більше за 49	0,6	-	0,56
2. Громадські будинки, крім вказаних в п.1, а також допоміжні будинки і приміщення промислових підприємств, за винятком приміщень з вологим або мокрим режимом	До 30	0,18	-	0,18
	30...49	0,36	-	0,36
	більше за 49	0,56	-	0,56
3. Виробничі будинки, а також приміщення громадських будинків і допоміжних будинків промислових підприємств з вологим або мокрим режимами	До 30	0,18	0,18	-
	Більше 30	0,36	0,36	-

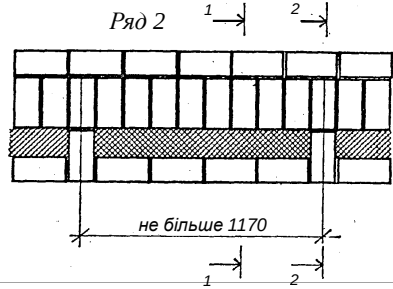
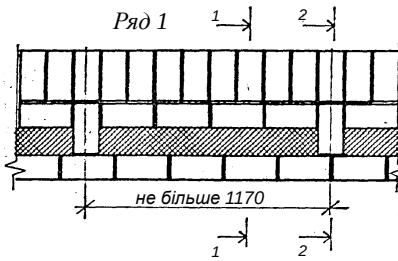
**Термічний опір теплопередачі стіни із силікатної цегли
з утеплюючими вставками, $\text{м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$**

№ п/п	Назва утеплювача і його марка	Товщина несучої частини стіни «В» в мм/всієї стіни в мм				
		250/ 510	380/ 640	510/ 770	640/ 900	770/ 1030
1.1	Плити мінераловатні на синтетичній основі М-125 товщ. 140 мм.	2,72	2,89	3,06	3,23	3,40
1.2	Те саме, М-125 товщ. 80 мм +гравій керамзит. М-500 товщ. 60 мм.	2,2	2,37	2,54	2,71	2,88
2.1	Те саме, М-200 товщ. 140 мм.	2,47	2,64	2,01	2,90	3,15
2.2	Те саме, М-200 товщ. 60мм. +гравій керамзит. М-500 товщ. 80 мм.	1,93	2,10	2,27	2,44	2,61
3.1	Плити мінераловатні на бітумній основі М-100 товщ. 140 мм.	2,76	2,93	3,10	3,27	3,44
3.2	Те саме, М-100 товщ. 100 мм +гравій керамзит. М-500 товщ. 40 мм.	2,40	2,57	2,74	2,91	3,08
4.1	Те саме, М-200 товщ. 140 мм.	2,40	2,57	2,74	2,91	3,08
4.2	Те саме, М-200 товщ. 100 мм +гравій керамзит. М-500 товщ. 40 мм.	2,15	2,32	2,49	2,66	2,83
5	Плити мінераловатні прошивні М-100 товщ. 140 мм.	2,91	3,08	3,25	3,42	3,59
6.1	Плити із пінополістеролу марки 15-50 товщ. 140 мм.	3,18	3,33	3,52	3,69	3,86
6.2	Те саме, М-15-50 товщ. 100 мм. +гравій керамзит. М-500 товщ. 40 мм.	2,47	2,64	2,81	2,98	3,15

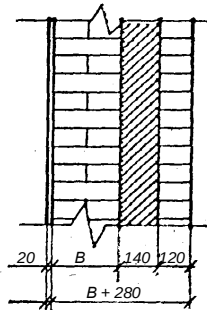
№ п/п	Назва утеплювача і його марка	Товщина несучої частини стіни «В» в мм/всієї стіни в мм				
		250/ 510	380/ 640	510/ 770	640/ 900	770/ 1030
6.3	Те саме, М-15-50 товщ. 80 мм +гравій керамзит. М-500 товщ. 60 мм.	2,47	2,64	2,81	2,98	3,15
6.4	Те саме, М-15-50 товщ. 60 мм. +гравій керамзит. М-500 товщ. 80 мм.	2,23	2,40	2,57	2,74	2,91
7	Плити з пінополіуретану товщ. 140 мм.	3,18	3,35	3,52	3,69	3,86
8	Щебень перлітовий М-100 товщ. 140 мм.	2,64	2,81	2,98	3,15	3,32
9	Те саме, М-200 товщ. 140 мм.	2,24	2,41	2,58	2,75	2,92
10	Те саме, М-300 товщ. 140мм.	1,98	2,15	2,32	2,49	2,66
11	Те саме, М-400 товщ. 140 мм.	1,90	2,07	2,24	2,41	2,58
12	Те саме, М-500 товщ. 140 мм.	1,82	1,99	2,16	2,33	2,50
13	Гравій керамзитовий, М-400 товщ. 140 мм.	1,65	1,82	1,99	2,16	2,33
14	Те саме, М-500 товщ. 140 мм.	1,51	1,68	1,85	2,02	2,19
15	Те саме, М-600 товщ. 140 мм.	1,42	1,59	1,76	1,93	2,10

Примітки.

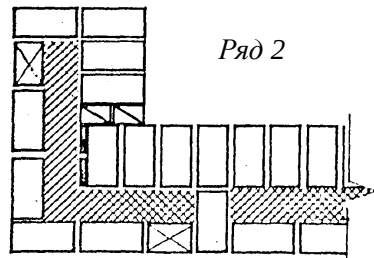
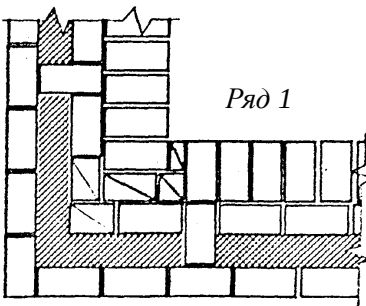
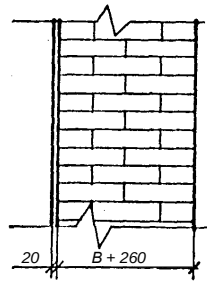
- В таблиці приведений термічний опір теплопередачі ефективного мурування при кроку поперечних діаграм 1170 мм.
- На несучу здатність перевіряється тільки внутрішня частина цегляного мурування.
- Для стін з прорізами термічний опір теплопередачі перераховується з врахуванням проценту засклення і термічного опору теплопровідності матеріалу, що заповнює проріз.
- При конструюванні стін обов'язково виконувати всі вимоги розд. 5 «Технічні рішення і рекомендації...» № 466.93-94.
- При застосуванні двох утеплювачів, товщина яких відрізняється від показників таблиці, термічний опір теплопередачі стіни визначається розрахунком.



по 1-1



по 2-2



Значення поправного коефіцієнта n на різницю температур

Огороджувальні конструкції	Коефіцієнт n
1. Зовнішні стіни і покриття (в тому числі вентилязовані зовнішнім повітрям), горищні перекриття (з покрівлею зі штучних матеріалів) і над проїздами.	1
2. Перекриття над холодними підвалами, які контактують із зовнішнім повітрям.	0,9
3. Перекриття над неопалювальними підвалами зі світловими прорізами у стінах.	0,75
4. Перекриття над неопалювальними підвалами без світлових прорізів у стінах, розташованих вище рівня землі.	0,6
5. Перекриття над неопалювальними технічними підпіллями, розташованими нижче рівня землі.	0,4

Значення коефіцієнта тепловіддачі α_v на внутрішній поверхні захищення

Внутрішня поверхня огорожувальних конструкцій	Сумарний коефіцієнт тепловіддачі конвекцією і випромінюванням $\alpha_v, \text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$
1. Стін, підлог, гладких стель, стель з виступаючими ребрами при відношенні висоти h ребер до відстані a між гранями сусідніх ребер $h/a \leq 0,3$.	8,7
2. Стель з виступаючими ребрами при відношенні $h/a > 0,3$.	7,6
3. Зенітних ліхтарів.	9,9

**Значення коефіцієнта тепловіддачі α_3 на
зовнішній поверхні захищення для зимових умов**

Зовнішня поверхня огорожувальних конструкцій	Сумарний коефіцієнт тепловіддачі конвек- цією і випроміню- ванням α_3 , Вт/(м ² ·К)
1. Зовнішніх стін, покрить, перекрить над проїздами.	23
2. Перекрить над холодними підвалами, які контактують із зовнішнім повітрям.	17
3. Перекрить горищних і над неопалювальними підвалами зі світловими прорізами у стінах, а також зовнішніх стін з повітряним прошарком, вентильованим зовнішнім повітрям.	12
4. Перекрить над неопалювальними підвалами без світлових прорізів у стінах, розташованих вище рівня землі і над неопалювальними технічними підпіллями, розташованими нижче рівня землі.	6

Примітка. Коефіцієнт тепловіддачі на зовнішній поверхні огорожувальної конструкції для літніх умов визначають за формулою:

$$\alpha_3 = 5,8 + 11,6\sqrt{v_{3Б}}, \text{ Вт/(м}^2\cdot\text{К)},$$

де $v_{3Б}$ – швидкість вітру за категорією Б, але не менше 1 м/с.

Ефективний коефіцієнт запасу $r_{\text{еф}}$ для потрібного термічного опору теплопередачі огорожувальної конструкції $R_3^{\text{нотр}}$

Огороджувальні конструкції будинків		$r_{\text{еф}}$
Стіни		
1. Одношарові з бетонів на пористих заповнювачах, а також одношарові зі штучних матеріалів.		1,1
2. Одношарові з комірчастих бетонів.		1,3
3. Багатошарові з утеплювачем на основі мінеральних волокон або вспінених пластмас.		1,8
4. Те саме, з обшиванням листовими матеріалами.		2,0
5. Інші.		1,1
Покриття і горищні перекриття		
6. З утеплювачем з легких і комірчастих бетонів.		1,3
7. З утеплювачем на основі мінеральних волокон або вспінених пластмас.		1,6
8. Те саме, по настилах з листових матеріалів.		2,2
9. З насипним утеплювачем.		1,3
10. Інші.		1,3

Примітка. Для огорожувальних конструкцій приміщень з вологим або мокрим режимом, а також для внутрішніх огорожувальних конструкцій $r_{\text{еф}}$ слід приймати рівним 1.

Вологісний режим приміщень

Вологісний режим приміщень	Вологість внутрішнього повітря, %, при температурі		
	до 12 °C	12...24 °C	вище 24 °C
Сухий	До 60	До 50	До 40
Нормальний	60...75	50...60	40...50
Вологий	Вище 75	60...75	50...60
Мокрий	—	Вище 75	Вище 60

Зони вологості території України

Територія України знаходиться в нормальній і сухій зонах вологості.

Наближена лінія поділу на дві зони проходить через міста Чернівці, Вінницю, Київ, Суми, які знаходяться у нормальній зоні вологості (див. дод.5). Вище цієї лінії нормальна зона вологості, нижче – суха.

Умови експлуатації огорожувальних конструкцій залежно від вологісного режиму приміщень і зон вологості

Вологісний режим приміщень (з дод. 12)	Умови експлуатації А і Б у зонах вологості (з дод. 13)		
	суха	нормальна	волога
Сухий	А	А	Б
Нормальний	А	Б	Б
Вологий або мокрий	Б	Б	Б

**Коефіцієнт теплопровідності будівельних
матеріалів і конструкцій**

Матеріал	Густина матеріалу в сухому стані ρ_0 , кг/м ³	Коефіцієнт тепло- провідності (при умовах експлуата- ції з дод. 14) λ , Вт/(м·К)	
		А	Б
1. Залізобетон	2500	1,92	2,04
2. Бетон на гравію або щебеню з природного каменю	2400	1,74	1,86
3. Туфобетон	1800	0,87	0,99
4. Те саме	1200	0,41	0,47
5. Пемзобетон	1600	0,62	0,68
6. Те саме	800	0,22	0,26
7. Керамзитобетон на керамзито- вому піску і керамзитопіно- бетоні	1800	0,80	0,92
8. Те саме	500	0,17	0,23
9. Керамзитобетон на кварцевому піску з поризацією	1200	0,52	0,58
10. Те саме	800	0,29	0,35
11. Керамзитобетон на перлітовому піску	1000	0,35	0,41
12. Те саме	800	0,29	0,35
13. Перлітобетон	1200	0,44	0,50
14. Те саме	600	0,19	0,23
15. Шлакопемзобетон	1800	0,63	0,76
16. Те саме	1000	0,31	0,37
17. Газо- і пінобетон, газо- і піно- силікат	1000	0,41	0,47
18. Те саме	300	0,11	0,13
19. Газо- і пінозолобетон	1200	0,52	0,58
20. Те саме	800	0,35	0,41
21. Цементно-піщаний розчин	1800	0,76	0,93

Матеріал	Густина матеріалу в сухому стані ρ_0 , кг/м ³	Коефіцієнт тепло- провідності (при умовах експлуата- ції з дод. 14) λ , Вт/(м·К)	
		А	Б
22. Складний розчин (пісок, вапно, цемент)	1700	0,70	0,87
23. Вапняно-піщаний розчин	1600	0,70	0,81
24. Плити з гіпсу	1200	0,41	0,47
25. Те саме	1000	0,29	0,35
26. Листи з гіпсу обшивальні (сухий тиньк)	800	0,19	0,21
27. Цегляна кладка з суцільної глиняної звичайної цегли на цементно-піщаному розчині	1800	0,70	0,81
28. Цегляна кладка з суцільної силікатної цегли на цементно-піщаному розчині	1800	0,76	0,87
29. Цегляна кладка з суцільної трепельної цегли на цементно-піщаному розчині	1200	0,47	0,52
30. Цегляна кладка з суцільної шлакової цегли на цементно-піщаному розчині	1500	0,64	0,70
31. Облицювання гранітом, гнейсом, базальтом	2800	3,49	3,49
32. Те саме, мармуром	2800	2,91	2,91
33. Те саме, вапняком	2000	1,16	1,28
34. Те саме	1400	0,56	0,58
35. Те саме, туфом	2000	0,93	1,05
36. Те саме	1000	0,24	0,29
37. Сосна поперек волокон	500	0,14	0,18
38. Те саме, вздовж волокон	500	0,29	0,35
39. Дуб поперек волокон	700	0,18	0,23
40. Те саме, вздовж волокон	700	0,35	0,41
41. Фанера клесна	600	0,15	0,18
42. Картон облицювальний	1000	0,21	0,23

Матеріал	Густина матеріалу в сухому стані ρ_0 , кг/м ³	Коефіцієнт тепло- провідності (при умовах експлуата- ції з дод. 14) λ , Вт/(м·К)	
		А	Б
43. Плити деревно-волокнисті і деревно-стружкові	1000	0,23	0,29
44. Те саме	200	0,07	0,08
45. Плити фібролітові на портланд- цементі	800	0,24	0,30
46. Те саме	300	0,11	0,14
47. Пакля	150	0,06	0,07
48. Мати мінераловатні прошивні на синтетичному сполучнику	125	0,064	0,07
49. Те саме	50	0,052	0,06
50. Плити м'які, напівжорсткі і жорсткі мінераловатні на синте- тичному і бітумному сполучни- ках	350	0,09	0,11
51. Те саме	50	0,052	0,06
52. Пінополістірол	150	0,052	0,06
53. Те саме	40	0,041	0,05
54. Пінопласт	125	0,06	0,064
55. Те саме	100	0,05	0,052
56. Пінополіуретан	80	0,05	0,05
57. Те саме	40	0,04	0,04
58. Гравій керамзитовий	800	0,21	0,23
59. Те саме	200	0,11	0,12
60. Гравій шунгізитовий	800	0,20	0,23
61. Те саме	400	0,13	0,14
62. Пісок для будівельних робіт	1600	0,47	0,58
63. Піноскло або газоскло	400	0,12	0,14
64. Те саме	200	0,08	0,09
65. Листи азбестоцементні плоскі	1800	0,47	0,52
66. Те саме	1600	0,35	0,41
67. Бітум нафтовий будівельний і покрівельний	1400	0,27	0,27

Матеріал	Густина матеріалу в сухому стані ρ_0 , кг/м ³	Коефіцієнт тепло- провідності (при умовах експлуата- ції з дод. 14) λ , Вт/(м·К)	
		А	Б
68. Те саме	1000	0,17	0,17
69. Асфальтобетон	2100	1,05	1,05
70. Руберойд	600	0,17	0,17
71. Лінолеум полівінілхлоридний багатошаровий	1800	0,38	0,38
72. Те саме	1600	0,33	0,33
73. Сталь стержнева арматурна	7850	58	58
74. Чавун	7200	50	50
75. Алюміній	2600	221	221
76. Мідь	8500	407	407
77. Скло віконне	2500	0,76	0,76

**Приведений термічний опір теплопередачі вікон,
балконних дверей і ліхтарів**

Заповнення світлового прорізу	Приведений термічний опір теплопередачі R_3^B , $\text{м}^2 \cdot \text{К} / \text{Вт}$
1. Одинарне засклення у дерев'яній рамі	0,18
2. Одинарне засклення у металевій рамі	0,15
3. Подвійне засклення у дерев'яній спареній рамі	0,39
4. Подвійне засклення у дерев'яних окремих рамах	0,42
5. Подвійне засклення у металевих окремих рамах	0,34
6. Подвійне засклення вітрин у металевих окремих рамах	0,31
7. Потрійне засклення у дерев'яних окремо-спарених рамах	0,55
8. Потрійне засклення у металевих окремих рамах вікон	0,46

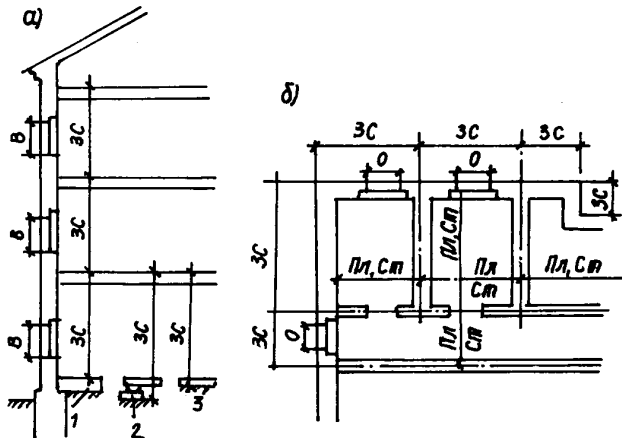
Примітка. Значення приведених термічних опорів теплопередачі заповнень світлових прорізів у дерев'яних рамах наведені для випадків, коли відношення площі засклення до площі заповнень світлових прорізів становить 0,75...0,85.

При відношенні площі засклення до площі заповнення світлового прорізу у дерев'яних рамах, рівному 0,6...0,74, вказані у додатку значення R_3^B слід збільшити на 10%, а при відношенні площ, рівному 0,86 і більше, відповідно зменшити на 5%.

Додаткові тепловтрати:

- на орієнтацію
 $P_n, C_x, P_n C_x, P_n Z_x - 10\%$;
 $Z_x, P_d C_x - 5\%$;
 $P_d, P_d Z_x - 0\%$;
- на кутове приміщення – 5%;
- на нагрівання повітря, яке інфільтрує в приміщення житлових, громадських і допоміжних будинків, які збудовані до 1991 р.

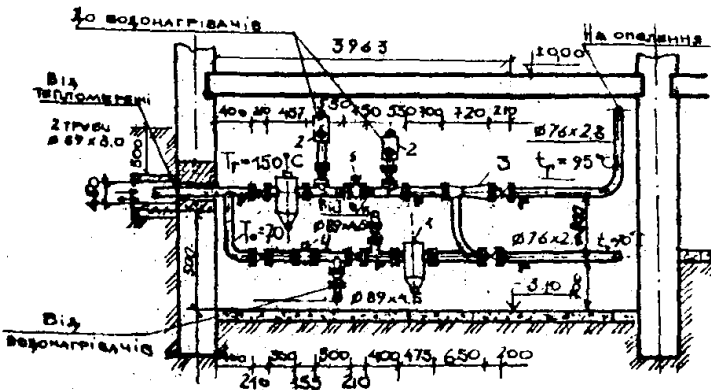
Кількість поверхів будинку	Розрахунковий поверх							
	1	2	3	4	5	6	7	8
	Значення додачі, %							
3	5	-	-	-	-	-	-	-
4	10	5	-	-	-	-	-	-
5	10	10	5	-	-	-	-	-
6	15	10	5	5	-	-	-5	-
7	20	15	10	5	-	-	-	-
8	20	15	10	10	5	-	-	-5



Правила обміру площ зовнішніх захищень будинку під час розрахунків тепловтрат

**Питомі опалювальні характеристики деяких промислових і
адміністративно-побутових будинків ($t_{x5} = -30^{\circ}\text{C}$),
які збудовані до 1991 р.**

№ п/п	Назва будинку (цеху)	Будівельний об'єм, $V_{\text{буд}}$, тис.м ³	Питома опалювальна характеристика q_o , Вт/(м ³ ·К)
1	Гарячий (термічний)	≤ 10	0,47 ... 0,35
		10 ... 30	0,35 ... 0,29
2	Зварювальний	≤ 10	0,47 ... 0,35
		10 ... 50	0,35 ... 0,29
3	Механічний	5 ... 10	0,64 ... 0,52
		10 ... 50	0,52 ... 0,47
4	Деревообробний	≤ 5	0,70 ... 0,64
		5 ... 10	0,64 ... 0,52
		10 ... 50	0,52 ... 0,47
5	Гальванічний	≤ 2	0,76 ... 0,70
		2 ... 5	0,70 ... 0,64
		5 ... 10	0,64 ... 0,52
6	Побутові й адміністративні будинки	1 ... 2	0,45 ... 0,4
		2 ... 5	0,4 ... 0,33
		5 ... 10	0,33 ... 0,3



Елеваторний вузол з вводом тепломережі:

1 – грязьовик; 2 – повітрозбірник; 3 – елеватор; 4 – водомір;
5 – регулятор витрати.

**Технічні характеристики сталевих водогазопровідних труб
(ДСТ 3262-75*)**

Діаметр умовного проходу D_y , мм	Трубна різь дюйма	Труби звичайні (середньоважкі)					Труби посилені (важкі)				
		Зовнішній діаметр d_1 , мм	Зовнішня поверхня, m^2/m	Товщина стінки S , мм	Внутрішній діаметр d_2 , мм	Площа живого перерізу A, cm^2	Зовнішній діаметр d_1 , мм	Зовнішня поверхня, m^2/m	Товщина стінки S , мм	Внутрішній діаметр d_2 , мм	Площа живого перерізу A, cm^2
6	$\frac{1}{8}"$	10,2	0,0320	2,0	6,2	0,302	10,2	0,0320	2,5	5,2	0,212
8	$\frac{1}{4}"$	13,5	0,0424	2,2	9,1	0,650	13,5	0,0424	2,8	7,9	0,490
10	$\frac{3}{8}"$	17,2	0,0540	2,2	12,8	1,286	17,2	0,0540	2,8	11,6	1,056
15	$\frac{1}{2}"$	21,3	0,0669	2,8	15,7	1,935	21,3	0,0669	3,2	14,9	1,743
20	$\frac{3}{4}"$	26,8	0,0842	2,8	21,2	3,528	26,8	0,0842	3,2	20,4	3,267
25	1"	33,5	0,1052	3,2	27,1	5,765	33,5	0,1052	4,0	25,5	5,104
32	$1\frac{1}{4}"$	42,3	0,1328	3,2	35,9	10,117	42,3	0,1328	4,0	34,3	9,235
40	$1\frac{1}{2}"$	48,0	0,1507	3,5	41,0	13,196	48,0	0,1507	4,0	40,0	12,560
50	2"	60,0	0,1884	3,5	53,0	22,051	60,0	0,1884	4,5	51,0	20,418
65	$2\frac{1}{2}"$	75,5	0,2371	4,0	67,5	35,767	75,5	0,2371	4,5	66,5	34,715
80	3"	88,5	0,2779	4,0	80,5	50,870	88,5	0,2779	4,5	79,5	49,614
100	4"	114,0	0,3580	4,5	105,0	86,546	114,0	0,3580	5,0	104,0	84,906
125	5"	140,0	0,4396	4,5	131,0	134,714	140,0	0,4396	5,5	129,0	130,632
150	6"	165,0	0,5181	4,5	156,0	191,038	165,0	0,5181	5,5	154,0	186,171

**Технічні характеристики сталевих труб з різьбовим з'єднанням
(європейських)**

Діаметр умовного проходу D_y , мм	Трубна різьбювання	Труби звичайні (середньоважкі)					Труби посилені (важкі)				
		Зовнішній діаметр d_1 , мм	Зовнішня поверхня m^2/m	Товщина стінки S , мм	Внутрішній діаметр d_2 , мм	Площа живого перерізу A , cm^2	Зовнішній діаметр d_1 , мм	Зовнішня поверхня m^2/m	Товщина стінки S , мм	Внутрішній діаметр d_2 , мм	Площа живого перерізу A , cm^2
6	$\frac{1}{8}"$	10,2	0,0320	2,00	6,2	0,302	10,2	0,0320	2,65	4,9	0,189
8	$\frac{1}{4}"$	13,5	0,0424	2,35	8,8	0,608	13,5	0,0424	2,9	7,7	0,466
10	$\frac{3}{8}"$	17,2	0,0540	2,35	12,5	1,227	17,2	0,0540	2,9	11,4	1,021
15	$\frac{1}{2}"$	21,3	0,0669	2,65	16,0	2,010	21,3	0,0669	3,25	14,8	1,723
20	$\frac{3}{4}"$	26,9	0,0845	2,65	21,6	3,663	26,9	0,0845	3,25	20,4	3,269
25	1"	33,7	0,1058	3,25	27,2	5,808	33,7	0,1058	4,05	25,6	5,147
32	$1\frac{1}{4}"$	42,4	0,1331	3,25	35,9	10,117	42,4	0,1331	4,05	34,3	9,240
40	$1\frac{1}{2}"$	48,3	0,1517	3,25	41,8	13,716	48,3	0,1517	4,05	40,2	12,69
50	2"	60,3	0,1893	3,65	53,0	22,050	60,3	0,1893	4,5	51,3	20,75
65	$2\frac{1}{2}"$	76,1	0,2390	3,65	68,8	37,160	76,1	0,2390	4,5	67,1	35,36
80	3"	88,9	0,2791	4,05	80,8	51,25	88,9	0,2791	4,85	79,2	49,27
100	4"	114,3	0,3589	4,50	105,3	87,04	114,3	0,3589	5,4	103,5	84,09
125	5"	139,7	0,4387	4,85	130,0	132,67	139,7	0,4387	5,4	128,9	130,43
150	6"	165,1	0,5184	4,85	155,4	189,60	165,1	0,5184	5,4	154,3	186,90

**Труби мідні для лютованих з'єднань
(європейські)**

Розміри труб – діаметр зов- нішній х тов- щина стінки, мм	Маса , кг/м	Об'єм, л/м	Довжина труби на літр об'єму, м/л	Допустимий робочий тиск (4-кратне за- безпечення), бар
6 x 1	0,14	0,0126	79,37	145
8 x 1	0,20	0,0283	35,34	109
10 x 1	0,25	0,0502	19,92	87
12 x 1	0,31	0,0785	12,74	71
15 x 1	0,39	0,1327	7,54	57
18 x 1	0,48	0,2010	4,98	48
22 x 1	0,59	0,3140	3,18	38
28 x 1,5	1,11	0,4906	2,04	46
35 x 1,5	1,40	0,8038	1,24	36
42 x 1,5	1,70	1,1940	0,84	30
54 x 2	2,91	1,9625	0,51	31
64 x 2	3,47	2,8260	0,35	26
76,1 x 2	4,14	4,0808	0,25	22
88,9 x 2	4,87	5,6583	0,18	19
108 x 2,5	7,38	8,3281	0,12	19

Основні технічні дані деяких опалювальних приладів

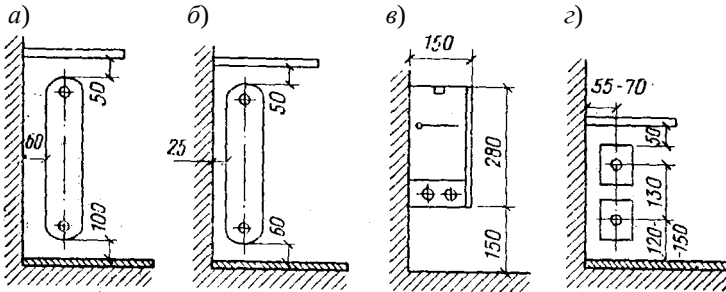
Назва приладу, його тип, марка	Площа поверхні нагріву секції $f_1, \text{м}^2$	Номінальна густина теплового потоку $q_{\text{ном}}, \text{Вт/м}^2$	Схема приєднання приладу	Витрати теплоносія через прилад $G_{\text{пр}}, \text{кг/с}$	Показники степеня і коефіцієнт у формулі (4.1)		
					n	p	$c_{\text{пр}}$
Радіатори чавунні секційні: МС-140-108 МС-140-96 МС-90-108 М-90	0,241 0,240 0,187 0,2	758 725 802 700	Зверху униз	0,005-0,014 0,015-0,149 0,15-0,25	0,3 0,3 0,3	0,02 0 0,01	1,039 1 0,996
Радіатори сталеві панельного типу РСВ1 однорядні: РСВ1-1 РСВ1-2 РСВ1-3 РСВ1-4 РСВ1-5	0,71 0,95 1,19 1,44 1,68	710 712 714 712 714	Знизу уверх	0,005-0,017 0,018-0,25	0,25 0,25	0,12 0,04	1,113 0,97
Те саме, дво-рядні: 2РСВ1-1 2РСВ1-2 2РСВ1-3 2РСВ1-4 2РСВ1-5	1,42 1,9 2,38 2,88 3,36	615 619 620 618 620	Знизу униз	0,005-0,032 0,033-0,25	0,15 0,15	0,08 0	1,09 1

Назва приладу, його тип, марка	Площа поверхні нагріву секції $f_i, \text{м}^2$	Номінальна густина теплового потоку $q_{\text{ном}}, \text{Вт/м}^2$	Схема приєднання приладу	Витрати теплоносія через прилад $G_{\text{пр}}, \text{кг/с}$	Показники степеня і коефіцієнт у формулі (4.1)		
					n	p	$c_{\text{пр}}$
Радіатори сталеві панельного типу РСГ2 однорядні:							
РСГ2-1-2	0,54	741	Зверху униз	0,006-0,08 0,09-0,25	0,3 0,3	0,025 0	1 1
РСГ2-1-3	0,74	747					
РСГ2-1-4	0,95	743					
РСГ2-1-5	1,19	740					
РСГ2-1-6	1,44	733	Знизу уверх	0,006-0,08 0,09-0,25	0,25 0,25	0,08 0	1 1
РСГ2-1-7	1,68	733					
РСГ2-1-8	1,93	728					
РСГ2-1-9	2,17	729					
Те саме, дво-рядні:							
РСГ2-2-4	1,08	1074	Зверху униз	0,006-0,08 0,09-0,25	0,3 0,3	0,01 0	1 1
РСГ2-2-5	1,48	977					
РСГ2-2-6	1,90	910					
РСГ2-2-7	2,38	845	Знизу уверх	0,006-0,08 0,09-0,25	0,25 0,25	0,08 0	1 1
РСГ2-2-8	3,36	683					
РСГ2-2-9	4,31	597					
Труби чавунні, ребристі:							
ТР-1	2	388	-	0,01-0,25	0,25	0,07	1
ТР-1,5	3	388					
ТР-2	4	388					

Назва приладу, його тип, марка	Площа поверхні нагріву секції $f_1, \text{м}^2$	Номінальна густина теплового потоку $q_{\text{ном}}, \text{Вт/м}^2$	Схема приєднання приладу	Витрати теплоносія через прилад $G_{\text{пр}}, \text{кг/с}$	Показники степеня і коефіцієнт у формулі (4.1)		
					n	p	$c_{\text{пр}}$
Конвектори настінні з кожухом малої глибини типу “Універсал”:							
КН20-0,400	0,952	420	Будь-яка	0,01-0,024	0,3	0,18	1
КН20-0,479	1,140	420					
КН20-0,655	1,830	357					
КН20-0,787	2,200	358					
КН20-0,918	2,570	357					
КН20-1,049	2,940	357					
КН20-1,180	3,300	358					
КН20-1,311	3,370	389					
КН20-1,442	4,039	357					
КН20-1,573	4,410	357					
КН20-1,704	4,773	357					
КН20-1,835	5,140	357					
КН20-1,966	5,508	357					
Конвертори без кожуха типу “Акорд”:							
КА-0,336	0,93	343	Будь-яка	0,01-0,25	0,2	0,03	1
КА-0,448	1,3	345					
КА-0,560	1,63	344					
КА-0,672	1,96	343					
КА-0,784	2,28	344					
КА-0,896	2,61	343					
КА-1,008	2,94	343					
КА-1,120	3,26	344					

Назва приладу, його тип, марка	Площа поверхні нагріву секції f_1 , м ²	Номінальна густина теплового потоку $q_{\text{ном}}$, Вт/м ²	Схема приєднання приладу	Витрати теплоносія через прилад $G_{\text{пр}}$, кг/с	Показники степеня і коефіцієнт у формулі (4.1)							
					n	p	$C_{\text{пр}}$					
K2A-0,621 K2A-0,823 K2A-1,030 K2A-1,237 K2A-1,445 K2A-1,646 K2A-1,854 K2A-2,061	1,95 2,60 3,25 3,90 4,56 5,19 5,85 6,50	318 317 317 317 317 317 317 317	Будь- яка	0,01-0,25	0,2	0,03	1					
Конвектори острівні підлогові типу «Ритм»:												
КО20-0,915	2,130	430						-	0,01-0,024	0,35	0,18	1
КО20-1,370	3,195	429							0,025-0,25	0,35	0,07	1
КО20-2,140	4,970	430										
Конвектори острівні підлогові високі типу “КВ”:								-	0,01-0,25	0,25	0,1	1
KB20-5,665-600	12,78	443										
KB20-6,80-900	12,78	532										
KB20-7,37-1200	12,78	577										

Примітка. Опалювальні прилади можуть бути приєднані за будь-якою з вказаних схем: «зверху униз», «знизу уверх», «знизу униз». Показники степеня і коефіцієнт у формулі (...) вибирають з врахуванням схеми приєднання приладу і витрати теплоносія через нього.



**Мінімальні відстані від будівельних конструкцій до
радіаторів і конвекторів:**

а – до радіаторів в приміщеннях будинків лікарсько-профілактичних, санаторно-курортних і дитячих закладів; *б* – до радіаторів в приміщеннях з нормальними санітарно-гігієнічними вимогами; *в* – до конвекторів настінного типу “Комфорт” в приміщеннях будинків і споруд різного призначення; *г* – до конвекторів плінтусного типу в приміщеннях будинків і споруд різного призначення.

Значення коефіцієнта β_1 для розрахунку опалювальних приладів

Крок номенклатурного ряду опалювальних приладів, кВт	β_1
0,12	1,02
0,15	1,03
0,18	1,04
0,21	1,06
0,24	1,08
0,3	1,13

Примітка. Для опалювальних приладів приміщення з номінальним тепловим потоком більше 2,3 кВт слід приймати замість β_1 коефіцієнт $\beta_1' = 0,5 (1 + \beta_1)$.

**Значення коефіцієнта β_2 для розрахунку
опалювальних приладів**

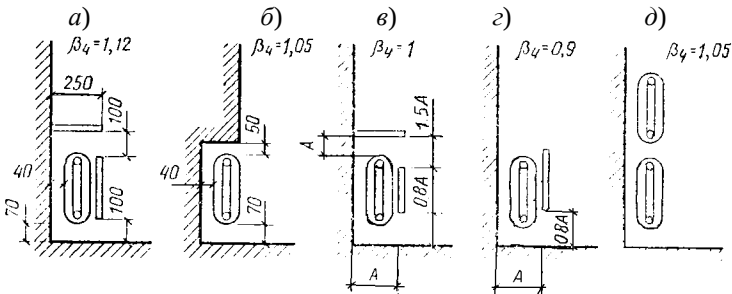
Опалювальний прилад	Значення β_2 при установленні приладу	
	біля зовнішньої стіни, у тому числі під світ- ловим прорізом	біля застклення світлового прорізу
Радіатор:		
чавунний секційний	1,02	1,07
сталевий панельний	1,01	1,10
Конвектор:		
з кожухом	1,02	1,05
без кожуха	1,03	1,07

**Значення коефіцієнта β_3 для розрахунку опалювальних приладів
типу МС-140 залежно від кількості секцій в одному радіаторі**

Кількість секцій в одному радіаторі	β_3
3 ... 15	1
16 ... 20	0,98
21 ... 25	0,96

Примітка. Для інших чавунних радіаторів коефіцієнт β_3 розраховують за формулою $\beta_3 = 0,92 + 0,16/F_p$, де F_p – розрахункова площа опалювального приладу. Для всіх інших опалювальних приладів $\beta_3 = 1$.

**Значення коефіцієнта β_4 для розрахунку опалювальних приладів
залежно від способу їх установлення**



Примітка. Для відкритого установлення опалювальних приладів $\beta_4 = 1,0$.

**Кратність повітрообміну деяких приміщень
(дані Німеччини)**

Призначення приміщення	Кратність повітро- обміну, 1/год
Бібліотечні читальні зали	3...5
Бані	20...30
Службові приміщення (кабінети)	3...6
Гаражі	4...5
Гардероби	3...6
Готельні приміщення	5...10
Учбові аудиторії	8...10
Зали їдалень	6...8
Зали спеціалізованих магазинів	4...6
Зали театрів і кінотеатрів (заборона куріння)	4...6
Те ж, з дозволом куріння	5...8
Лабораторії	8...15
Зали медичних операцій	15...20
Зали засідань	6...8
Туалети	4...6
Конференційні зали	5...10
Пральні	10...15

**Виділення CO₂ дорослою людиною
(дитина 70...80 %)**

Стан людини	Виділення CO ₂ , л/год
Під час відпочинку у лежачому стані	10...12
Під час відпочинку у позиції сидючи	12...15
Легка праця в кабінеті (аудиторії)	19...24
Праця середньої важкості, гімнастика	33...43
Танець, теніс	55...70

Кількість тепла і вологи, що виділяється дорослими чоловіками

Показник	Кількість тепла, Вт, і вологи, г/год, що виділяється чоловіком при температурі повітря в приміщенні, °C					
	10	15	20	25	30	35
В стані спокою						
Тепло:						
$q_{\text{ч}}^{\text{явне}}$	140	116	87	58	41	12
$q_{\text{ч}}^{\text{повне}}$	163	145	116	93	93	93
Волога, $w_{\text{ч}}$	30	40	40	50	75	115
Під час легкої роботи						
Тепло:						
$q_{\text{ч}}^{\text{явне}}$	151	122	99	64	41	6
$q_{\text{ч}}^{\text{повне}}$	180	157	151	145	145	145
Волога, $w_{\text{ч}}$	40	55	75	115	150	280
Під час роботи середньої важкості						
Тепло:						
$q_{\text{ч}}^{\text{явне}}$	163	134	105	70	41	6
$q_{\text{ч}}^{\text{повне}}$	215	209	204	198	198	198
Волога, $w_{\text{ч}}$	70	110	140	185	230	280
Під час важкої роботи						
Тепло:						
$q_{\text{ч}}^{\text{явне}}$	198	163	128	93	52	12
$q_{\text{ч}}^{\text{повне}}$	291	291	291	291	291	291
Волога, $w_{\text{ч}}$	135	185	240	295	355	415

**Теплонадходження від сонячної радіації через вікна
для систем вентиляції**

Конструкція вікна	$q_{в}, \text{Вт/м}^2$, при орієнтації вікна і географічній широті, град. пн. ш.															
	Пд				ПдСх і ПдЗх				Сх і Зх				ПнСх і ПнЗх			
	35	45	55	65	35	45	55	65	35	45	55	65	35	45	55	65
Подвійні вікна з рамами:																
дерев'яними	128	145	145	170	100	128	145	170	145	145	170	170	75	75	75	70
металевими	165	185	185	210	128	165	185	210	185	185	200	210	95	95	95	95
Ліхтарі подвійні з рамами:																
дерев'яними	140	170	170	175	115	145	175	175	170	170	185	185	87	87	87	80
металевими	150	185	185	200	128	165	200	200	185	185	210	210	100	100	100	95

Примітка. Для вікон, орієнтованих на північ $q_{в} = 0$.

**Теплонадходження від сонячної радіації через покриття
для систем вентиляції**

Покриття	$q_{п}, \text{Вт/м}^2$, при географічній широті, град. пн. ш.			
	34	45	55	65
Плоске безгорищне	24	21	17	14
З горищем	6	6	6	6
Коефіцієнт теплопередачі, $\text{Вт/(м}^2 \cdot \text{К)}$	1,0	1,0	1,0	1,0

**Теплонадходження від сонячної радіації через вікна
для систем кондиціювання повітря**

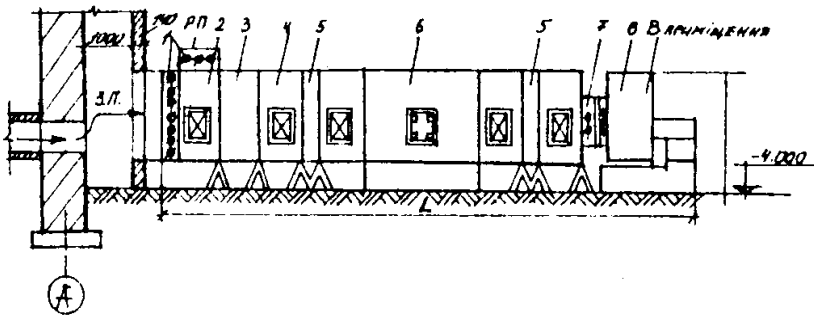
Конструкція вікна	q_w , Вт/м ² , при орієнтації вікна і географічній широті, град. пн. ш.															
	Пд				ПдСх і ПдЗх				Сх і Зх				ПнСх і ПнЗх			
	35	45	55	65	35	45	55	65	35	45	55	65	35	45	55	65
Подвійні вікна з рамами:																
дерев'яними	420	470	470	550	380	490	560	650	500	500	590	590	350	350	350	330
металевими	540	600	600	680	490	630	710	800	640	640	700	730	440	440	440	440
Ліхтарі подвійні з рамами:																
дерев'яними	450	550	550	570	440	560	670	670	590	590	640	640	410	410	410	370
металевими	490	600	600	650	490	630	770	770	640	640	730	730	470	470	470	440

**Теплонадходження від сонячної радіації через
покриття для систем кондиціювання повітря**

Конструкція покриття	q_w , Вт/м ² , при географічній широті, град. пн. ш.			
	35	45	55	65
Плоске безгорищне	180	160	130	110
З горищем	50	50	50	50
Коефіцієнт теплопередачі, Вт/(м ² ·К)	1,0	1,0	1,0	1,0

Значення коефіцієнта пропускання вікна A_v

Конструкція вікна, його стан і сонцезахист	A_v
Подвійне застклення в одній рамі	1,02
Одинарне вікно	1,04
Звичайне забруднення	0,95
Сильне забруднення	0,9
Забілка вікон	0,6
Вікно з матовим засткленням	0,7
Зовнішнє зашторювання вікон	0,25
Внутрішні жалюзі	0,63
Зовнішні жалюзі	0,33



**Технологічна схема центрального кондиціонера
(традиційна схема):**

1 – повітряні клапани; 2 – камера змішування зовнішнього і рециркуляційного повітря; 3 – фільтр; 4 – камера обслуговування; 5 – повітрянагрівник; 6 – камера зрошення; 7 – приєднувальний блок; 8 – вентиляторний агрегат; ЗП – зовнішнє повітря; РП – рециркуляційне повітря.

Габаритні розміри центральних кондиціонерів серії КТЦ2

Марка кондиціонера	Номинальна продуктивність, м ³ /год	Основні габаритні розміри, мм		
		довжина	висота	ширина
КТЦ 2 - 10	10000	8344	1800	828
КТЦ 2 - 20	20000	8891	1800	1655
КТЦ 2 - 31,5	31500	9824	2643	1655
КТЦ 2 - 40	40000	9824	3143	1655

Додаток 39

Технічні характеристики холодильних машин центральних кондиціонерів, які працюють на хладоні – 12 (R12)

Показник	Марка машини					
	ХМ-ФВ-20		ХМ-ФУ-40		ХМ-ФУУ-80	
	I	II	I	II	I	II
Компресорно-конденсаторний агрегат:						
марка	АК-ВФ-20		АК-ФУ-40		АК-ФУУ-80	
маса, кг	845		1350		2330	
висота, мм	1085		1290	1230	1590	1480
довжина, мм	1370		1700	1685	2000	1953
ширина, мм	620	570	665		955	905
Компресор:						
марка	ФВ-20		ФУ-40		ФУУ-80	
тип	Вертикальний		У-подібний		УУ-подібний	
кількість циліндрів	2		4		8	
частота обертання, об/хв	1440	970	1440	970	1440	970
годинний об'єм, який описується поршнем, м ³ /год	97,7	65,2	195,5	130,5	391	261
холодопродуктивність, Вт, при t _{вип} = +5 ⁰ С; t _к = +35 ⁰ С	49430	39540	98860	78500	197710	157010

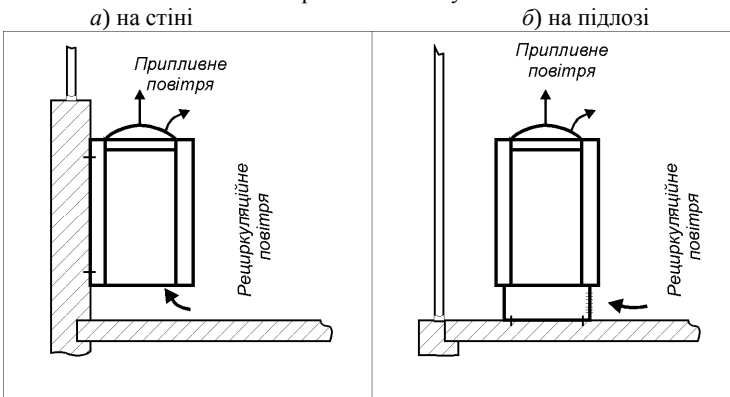
Показник	Марка машини					
	ХМ-ФВ-20		ХМ-ФУ-40		ХМ-ФУУ-80	
	I	II	I	II	I	II
Випарно-регулювальний агрегат:						
марка	АИР-50	АИР-32	АИР-100	АИР-65	АИР-200	АИР-130
висота, мм	1050	1000	1630	1580	1980	1980
довжина, мм	1935	1450	1980	1700	2610	2250
ширина, мм	700	530	1190	995	1300	1030
маса машини (суха), кг	1160	1020	2019	1816	3300	2770

Примітка. В каталогах марки холодильних машин мають позначення: індекс I для 1440 об/хв; індекс II для 970 об/хв, тобто ХМ-ФВ-20/I; ХМ-ФВ-20/II; ХМ-ФУ-40/I тощо.

Додаток 40

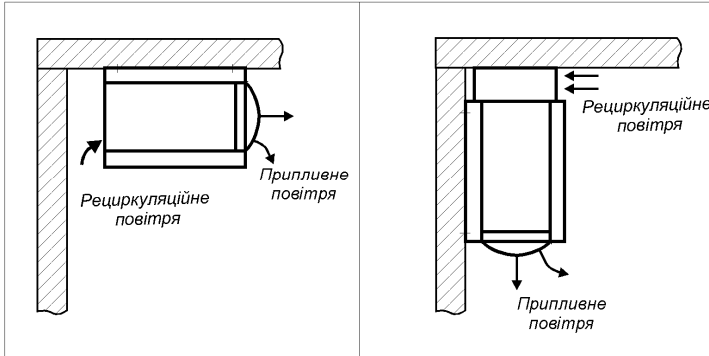
Схеми розташування місцевих неавтономних кондиціонерів у приміщенні

Варіанти монтажу:



Режим:
охолодження/опалення

б) під стелею

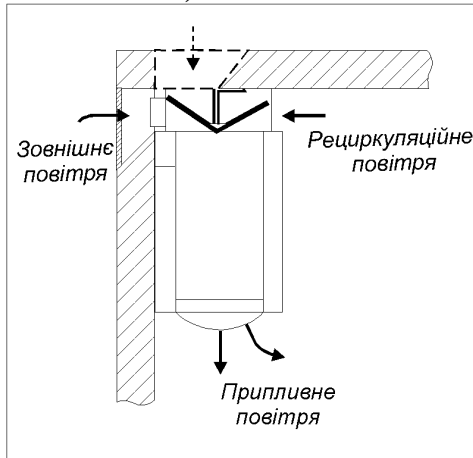


Режим:

охолодження/опалення

опалення

г) під стелею

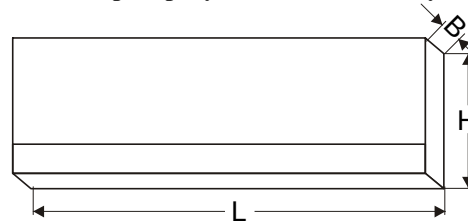


Режим:

опалення/привітрювання

**Технічні характеристики
місцевих автономних блочних
кодинціонерів типу “SPLIT”
фірми “SANYO”**

**Технічні характеристики настінного
випарно-регулювального блоку**



Модель	Холодо- продук- тивність, Вт	Тепло- продук- тивність, Вт	Рівень шуму, дБ	Витрата повітря, м³/год	Кон- ден- сат, л/год	Нап- руга, В, 50 Гц	Споживана пужність, Вт	Розмір Н/Л/В, мм	Маса, кг	КЕ К (EER), Вт/Вт
SAP-K 75 QS5	2020		39/35/30	450/390/340	0,9	230	610	360/810/180	10	3,31
SAP-K 76 GHS5	2100	2400	39/35/30	450/390/340	0,9	230	810/760	360/810/180	9	2,59
SAP-K 92 GVS5	2700		39/35/30	450/390/340	1,05	230	990/990	360/810/162	9	2,73
SAP-K 92 GHS5	2700	3000	39/35/30	450/390/340	1,05	230	990/990	360/810/162	9	2,73

Продовження дод. 41.1

Модель	Холодо-продуктивність, Вт	Тепло-продуктивність, Вт	Рівень шуму, дБ	Витрата повітря, м³/год	Конденсат, л/год	Напруга, В, 50 Гц	Споживана потужність, Вт	Розмір Н/Л/В, мм	Маса, кг	КЕ К (EER), Вт/Вт
SAP-K 92 GHVS5	2700	4000	39/35/30	450/390/340	1,05	230	990/990	360/810/162	9	2,73
SAP-KM 93 GH5	2550	3300	39/35/30	450/390/340	1,05	230	1000/1030	630/830/305	9	2,55
SAP-K 95 QS5	2600		39/35/30	450/390/340	1,1	230	950	360/810/180	10	2,74
SPW-K 95 GVH5	2600	4000	39/35/30	450/390/340	1,1	230	970/990	360/810/180	10	2,68
SAP-K 96 GHS5	2600	3250	39/35/30	450/390/340	1,1	230	1000/1000	360/810/180	10	2,60
SAP-K 126 QS5	3450		41/39/36	470/420/380	1,5	230	1250	360/810/180	10	2,76
SAP-K 126 GHS5	3400	3900	41/39/36	470/420/380	1,5	230	1250/1290	360/810/180	10	2,72
SAP-K 165 QS5	4600		41/39/36	800/660/520	2,3	230	1770	360/1000/205	13,5	2,60
SAP-K 185 QS5	5150		41/39/36	800/660/520	2,7	230	2060	360/1000/205	13,5	2,50
SAP-K 185 GVH5	5000	6005	41/39/36	800/660/520	2,7	230	2000/2060	360/1000/205	13,5	2,50
SAP-K 186 GHS5	5000	6005	41/39/36	800/660/520	2,7	230	2000/2060	360/1000/205	13,5	2,50
SAP-K 225 QS5	6450		45/42/40	900/800/700	3,3	230	2530	360/1000/205	13,5	2,55
SAP-K 226 GHS5	6200	7400	45/42/40	900/800/700	3,3	230	2560/2820	360/1000/205	13,5	2,42
SAP-K 243 G5	6850		45/42/40	1200/1060/950	4	230	2900	370/1250/210	20	2,36
SAP-K 243 GS5	6850		45/42/40	1200/1060/950	4	230	2900	370/1250/210	20	2,36
SAP-K 243 GH5	6850	8200	45/42/40	1200/1060/950	4	230	2890/3130	370/1250/210	20	2,37
SAP-K 243 GHS5	6850	8200	45/42/40	1200/1060/950	4	230	2890/3130	370/1250/210	20	2,37
SAP-K 245 G5	6850		45/42/40	1200/1060/950	4	230	2890	370/1250/210	18	2,37
SAP-K 245 GS5	6850		45/42/40	1200/1060/950	4	230	2890	370/1250/210	18	2,37
SAP-K 303 G5	8790		47/44/41	1380/1200/1080	5	230	3280	370/1500/240	29	2,68
SAP-K 303 GS5	8790		47/44/41	1380/1200/1080	5	230	3280	370/1500/240	29	2,68

Продовження дод. 41.1

Модель	Холодо-продуктивність, Вт	Тепло-продуктивність, Вт	Рівень шуму, дБ	Витрата повітря, м ³ /год	Конденсат, л/год	Напруга, В, 50 Гц	Споживана потужність, Вт	Розмір Н/Л/В, мм	Маса, кг	КЕ К (EER), Вт/Вт
SAP-K 363 G5	10550		48/45/42	1500/1320/1120	6	230	4020	370/1500/240	31	2,62
SAP-K 363 GS5	10550		48/45/42	1500/1320/1120	6	230	4020	370/1500/240	31	2,62

Примітка. GH - модель, яка працює в режимі теплового насосу; V - інверсор; S - дистанційне керування.

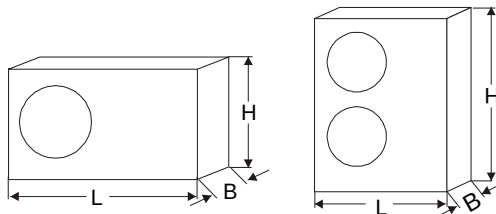
Наведена холодопродуктивність за умов: для внутрішнього повітря 27°C і 46%, для зовнішнього повітря 35°C і 40%.

Наведена теплопродуктивність за умов: для внутрішнього повітря 21°C і 50%, для зовнішнього повітря 7°C і 88%.

Наведений рівень шуму на віддалі 1м.

КЕК - коефіцієнт енергетичного класу (EER - Energy Efficiency Rate).

Технічні характеристики компресорно-конденсаторного блоку



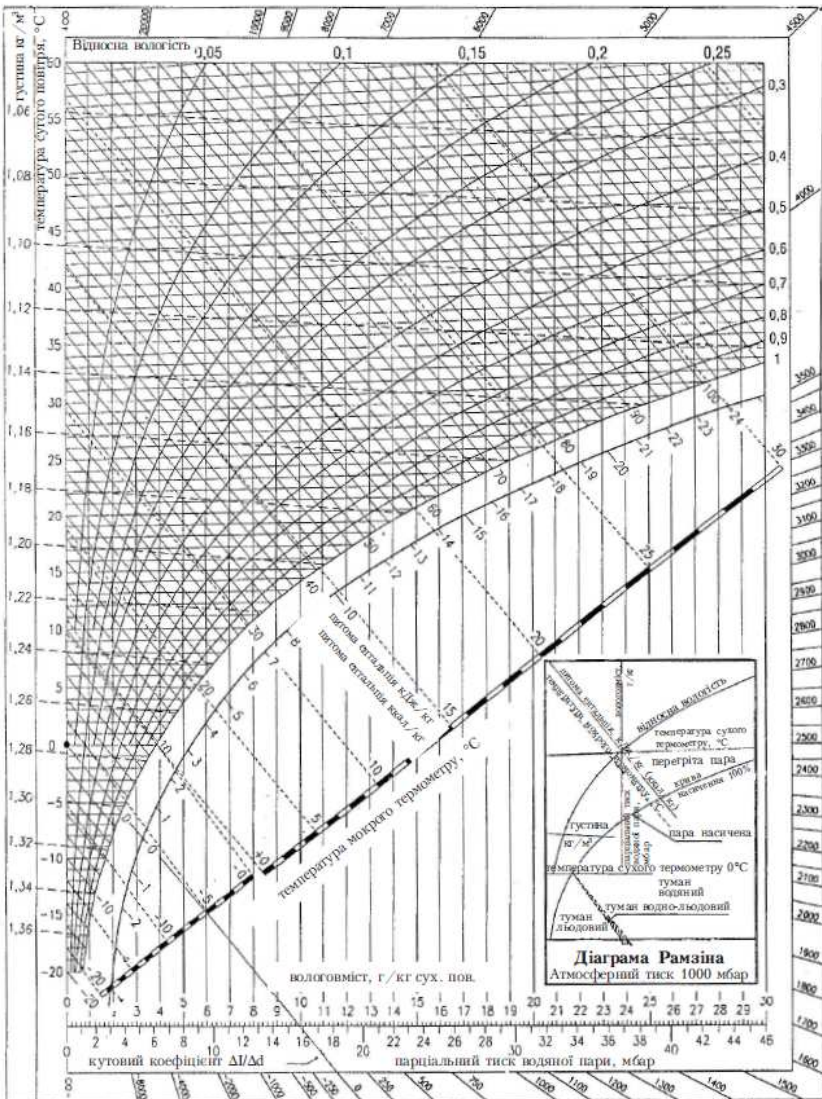
Модель	Холодопродуктивність, Вт	Теплопродуктивність, Вт	Рівень шуму, дБ	Витрата повітря, м ³ /год	Конденсат, л/год	Напруга, В, 50 Гц	Споживана потужність, Вт	Розмір Н/Л/В, мм	Маса, кг
SAP-C 75 Q5	2020		43	1360	0,9	230	610	525/790/220	28,5
SAP-C 76 GH5N	2100	2400	43	1360	0,9	230	770	585/865/320	35,5
SAP-C 92 GV5	2700		47	1420	1,05	230	990	525/780/235	32
SAP-C 92 GH5	2700	4000	47	1420	1,05	230	990/990	525/780/235	33
SAP-C 92 GHV5N	2700	4000	47	1420	1,05	230	1180/1180	525/780/235	33
SAP-C 95 Q5	2600		47	1420	1,1	230	970	525/780/235	33
SAP-C 95 QL5	2600		47	1420	1,1	230	970	525/790/220	33

Модель	Холодопродуктивність, Вт	Теплопродуктивність, Вт	Рівень шуму, дБ	Витрата повітря, м ³ /год	Конденсат, л/год	Напруга, В, 50 Гц	Споживана потужність, Вт	Розмір Н/Л/В, мм	Маса, кг
SAP-C 96 GH5N	2600	3250	47	1420	1,1	230	1020/1030	525/790/220	34
SAP-C 126 Q5	3450		48	1500	1,5	230	1250	530/750/270	35,5
SAP-C 126 QL5	3450		48	1500	1,5	230	1290	530/750/270	35,5
SAP-C 126 GH5N	3400	3900	48	1500	1,5	230	1250/1290	530/750/270	40
SAP-C 165 Q5	4600		50	2040	2,3	230	1770	630/830/305	51,5
SAP-C 185 Q5	5150		51/44	2040	2,7	230	2060	630/830/305	52
SAP-C 185 Q38	5150		51/44	2040	2,7	380	2060	630/830/305	52
SAP-C 185 QL5	5150		51/44	2040	2,7	230	1800	630/830/305	51,5
SAP-C 185 QL38	4900		51/44	2040	2,7	380	1960	630/830/305	52
SAP-C 186 GH5N	5000	6005	51	2040	2,7	230	2000/2060	630/830/305	59
SAP-C 186 GH38N	5000	6005	51	2040	2,7	380	1980/2060	630/830/305	59
SAP-C 225 Q5/E	6450		52	2100	3,3	230	2660	835/850/305	67
SAP-C 225 Q38/E	6450		52	2100	3,3	380	2660	835/850/305	67
SAP-C 226 GH5N	6200	7500	52	2100	3,3	230	2660/2860	835/850/305	70
SAP-C 226 GH5/E	6200	7500	52	2100	3,3	230	2660/2860	835/850/305	70
SAP-C 226 GH38/E	6200	7500	52	2100	3,3	380	2660/2860	835/850/305	70
SAP-C 243 G5	6850		53,5	2820	4	230	2890	835/850/305	70
SAP-C 243 G38	6850		53,5	2820	4	380	2890	835/850/305	70

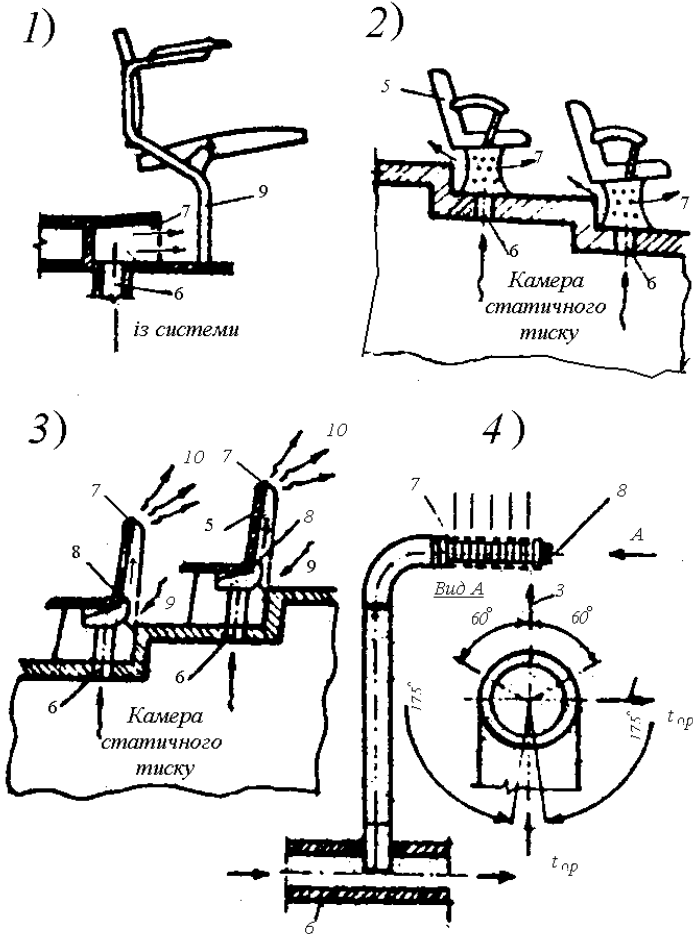
Продовження дод.41.2

Модель	Холодопродуктивність, Вт	Теплопродуктивність, Вт	Рівень шуму, дБ	Витрата повітря, м ³ /год	Конденсат, л/год	Напруга, В, 50 Гц	Споживана потужність, Вт	Розмір Н/Л/В, мм	Маса, кг
SAP-C 243 GH5	6850	8200	53,5	2820	4	230	2890/3130	835/850/305	70
SAP-C 243 GH38	6850	8200	53,5	2820	4	380	2890/3130	835/850/305	70
SAP-C 245 G5/E	6850		53,5	2820	4	230	2890	835/850/305	67
SAP-C 245 G38/E	6850		53,5	2820	4	380	2870	835/850/305	67
SAP-C 303 G5	8790		53,5	3000	5	230	3370	835/850/305	67
SAP-C 303 G8	8790		53,5	3000	5	380	3370	835/850/305	67
SAP-C 363 G5	10550		54	3900	6	230	4020	1085/890/365	103
SAP-C 363 G8	10550		54	3900	6	380	4020	1085/890/365	103
SAP-MC 1825 G5	5200		51	2040	2,7	230	1900	630/830/305	59
SAP-MC 1823 GH5	5100	6600	51	2040	2,7	230	2100/1960	630/830/305	61
SAP-MC 2425 G5	6900		53,5	2830	4	230	2660	835/850/305	67,5
SAP-MC 2426 G5	6900		53,5	2830	4	230	2660	835/850/305	67,5
SAP-MC 3435 G5	9800		53,5	3500	5,5	230	3840	678/1050/600	100
SAP-MC 4225 G5	12000		55	5430	7,4	230	4740	815/670/670	108

Примітка. QL - ефективна робота при температурах середовища до -15°C, N - ефективна робота при низьких температурах.

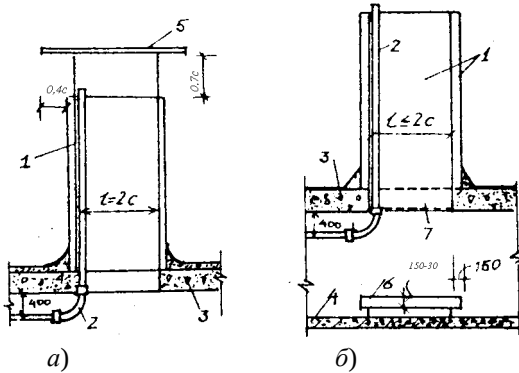


I-d-діаграма вологого повітря
(при 101,3 кПа)



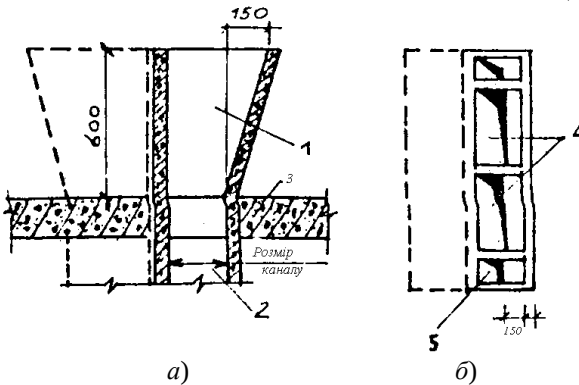
**Повітророзподільвальні пристрої для подавання
повітря в нижню зону зали:**

1 - під кріслами через підсходинки амфітеатру; 2 - через перфоровану стійку крісла; 3 - пристрій «клімадрант»; 4 - поворотний пристрій у зону дихання; 5 - крісло; 6 - припливний канал; 7 - ґратка або перфорована щілина; 8 - сопло; 9 - рециркуляційний пристрій; 10 - припливний повітряний струмінь.



**Схема витяжної вентиляційної шахти теплового
горища:**

a - з захисним зонтом; *б* - з водорозбірним піддоном; *c* - ширина отвору шахти; *l* - довжина отвору шахти; 1 - витяжна вентиляційна шахта; 2 - витяжна труба з каналізаційних стояків; 3 - панель покриття; 4 - панель горищного перекриття; 5 - захисний зонт; 6 - водорозбірний піддон; 7 - металевий фартух.



Вихід вентиляційних каналів в тепле горище:

a - поперечний переріз; *б* - вигляд зверху; 1 - вихід бетонних каналів; 2 - вентиляційні канали; 3 - панель горищного перекриття; 4 - збірні канали з кухонь і санітарних вузлів; 5 - вентиляційні канали верхнього поверху.

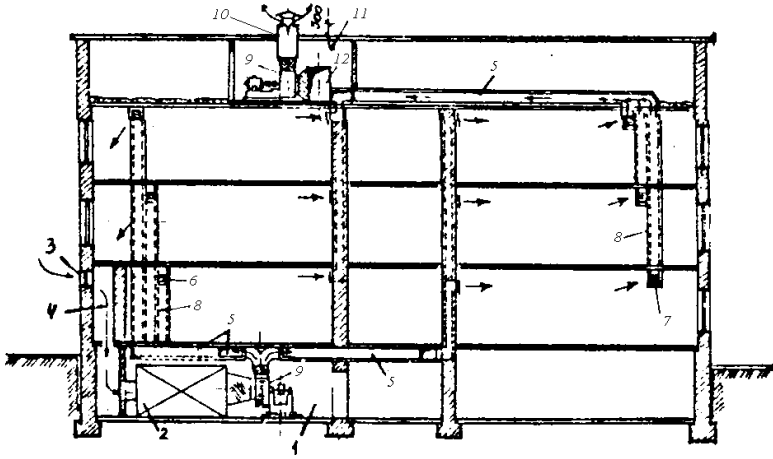
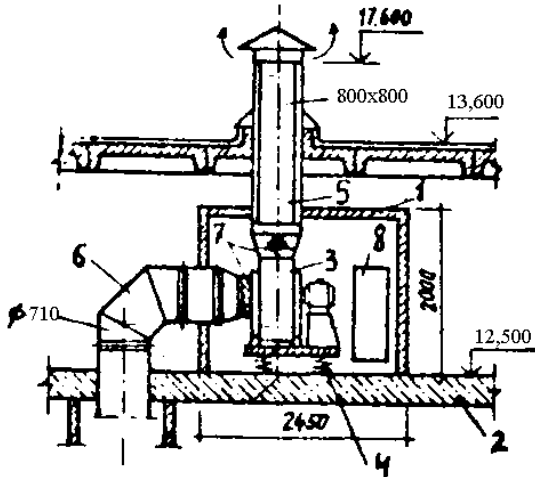


Схема припливної і витяжної вентиляції з механічним спонуканням:

1 - припливна камера; 2 - припливна вентиляційна установка або кондиціонер; 3 - забірна ґратка зовнішнього повітря; 4 - повітрозабірна шахта; 5 - магістральні вентиляційні канали; 6 - повітророздавальні пристрої; 7 - повітровитяжні пристрої; 8 - індивідуальні канали; 9 - відцентрові вентилятори з електродвигуном; 10 - витяжна шахта з зонтом; 11 - витяжна камера; 12 - збірний канал.



Витяжна вентиляційна камера на горищі:

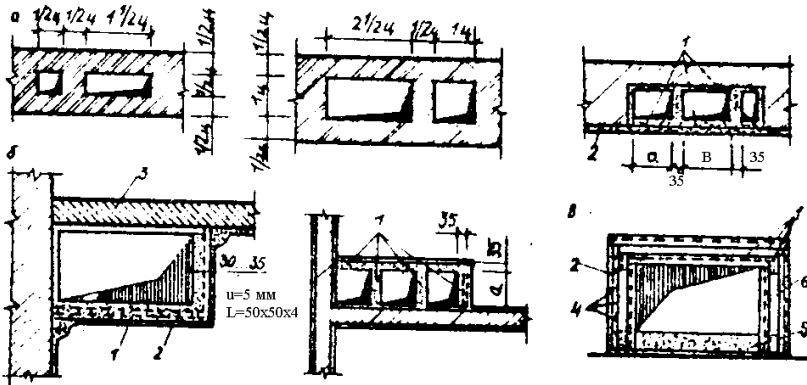
1 - стінки камери; 2 - горищне перекриття; 3 - вентиляційний агрегат; 4 - пружинні амортизатори; 5 - витяжна шахта з зонтом; 6 - повітропровід; 7 - гнучкі вставки; 8 - входні двері.

Вентиляційні ґратки типу РР

Позначення типорозміру ґратки	Основні габаритні розміри ґратки, мм
1	100 x 200
2	100 x 400
3	200 x 200
4	200 x 400
5	200 x 600

Нормативні розміри повітропроводів

В цегляних стінах		Азбесто- цементні короби, мм	Із шлако- гіпсових і шлакобетонних плит, мм	Із листової сталі, мм	
цегла	мм			круглі	прямокутні
0,5x0,5	140x140	200x150	200x150; 250; 350; 450	140	100x150; 200; 250
1x0,5	140x270	300x150	320x150; 250; 350; 450	160	150x150; 200; 250
1x1	270x270	200x200	420x150; 250; 350; 450	180	200x200; 300; 400
1,5x1	400x270	300x200	520x150; 250; 350; 450	200 250	250x300; 400; 500
2x1	530x270		620x150; 250; 350; 450	315	300x300; 400; 500
				355	800x800; 1000; 1200
				400	
				500	



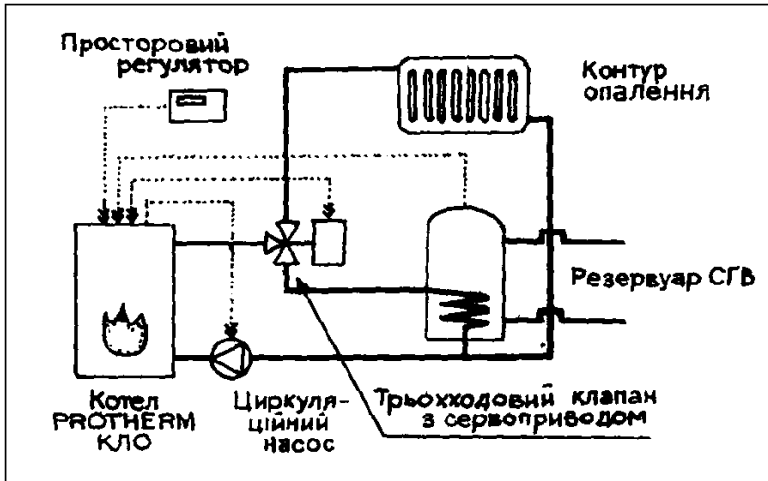
**Питомі теплові характеристики комунально-побутових
об'єктів і будинків з невеликим об'ємом ($t_{x5} = -30^{\circ}\text{C}$),
які збудовані до 1991 р.**

№ п/п	Назва будинку (цеху)	Будівельний об'єм, тис. м ³	Питома теплова характеристика, Вт/(м ³ ·К)	
			q_o	q_v
1	Бані	До 5	0,33	1,16
2	Лікарні	До 5 5...10	0,47 0,42	0,34 0,33
3	Підприємства громадського харчування	До 5	0,41	0,82
4	Житлові будинки: – одноповерхова (одно-, – двоквартирна) забудова – двоповерхова (дво-, чотириквартирна) забудова – двоповерхова забудова (8...32 квартири) – три-, чотириповерхова забудова (багатоквартирна)		0,81...0,99 0,74...0,93 0,58...0,7 0,52...0,58	– – – –

Автономні індустріальні теплогенератори

Марка генератора теплоти	Теплова потужність Q _{т,г} , кВт	Габаритні розміри, мм			Маса, кг
		висота	ширина (діаметр)	глибина	
I. На твердому паливі					
а) опалювальні генератори					
КЧМ-2М-4	20,5	1055	500	440	290
КЧМ-2М-5	25,5	1055	500	530	335
КЧМ-2М-6	31,0	1055	500	620	375
КЧМ-2М-7	37,0	1055	500	710	420
КЧМ-2М-8	43,0	1055	500	800	465
КЧМ-2М-9	49,0	1055	500	890	510
КЧМ-2М-10	55,0	1055	500	980	550
б) опалювальні агрегати з гарячим водопостачанням					
АОГВ-Т (модель 698)	17,5	1820	Ø 420	-	242
АКТВ-17,5 (модель 930)	17,5	1820	Ø 420	-	160
АКТВ-Д-17,5 (модель 1128)	17,5	1990	Ø 475	-	220
II. На газовому паливі					
а) опалювальні генератори					
АГВ-80	6,9	1540	Ø 420	-	76
АГВ-120	11,3	1600	Ø 460	-	95
АОГВ-6-3-У	6,9	973	Ø 410	-	50
АОГВ-10-3-У	11,6	970	Ø 410	-	60
АОГВ-10-1-У	11,6	970	Ø 410	-	60
АОГВ-20-1-У	19,0	980	Ø 410	-	51
б) водонагрівники для гарячого водопостачання (газові колонки)					
ВПГ-18-1-3-ІІ	20,9	780	390	295	20
ВПГ-23-1	23,2	860	390	315	22
ВПГ-20-1-3-ІІ	20,9	860	390	315	22
в) опалювальні апарати з гарячим водопостачанням					
АКГВ-120	23,2	1470	550	665	200

**Технічні характеристики опалювальних котлів
“PROTHERM” (Чехія, Словаччина)**



№ п/п	Назва	Габаритні розміри Н/Л/В, мм
<i>Котли опалювальні, газові, настінні, 2-х контурні</i>		
1	PROTHERM 24 KOV – 24 кВт, пл. опалення 300 м ² , електроіскра	870/440/400
2	PROTHERM 12 KTZ – 12 кВт, пл. опалення 150 м ² , варіант турбо з бойлером	900/440/560
3	PROTHERM 12 KOZ – 12 кВт, пл. опалення 150 м ² з бойлером	- // -
4	PROTHERM 24 POV – 24 кВт, пл. опалення 300 м ² , вічне полум'я	870/440/400
5	PROTHERM 24 KTZ – 24 кВт, пл. опалення 300 м ² , турбо з бойлером	900/440/560
6	PROTHERM 24 KOZ – 24 кВт, пл. опалення 300 м ² , з бойлером	- // -
7	PROTHERM 24 KTV – 24 кВт, варіант турбо, пл. опалення 300 м ² , з трубою	870/440/400

№ п/п	Назва	Габаритні розміри Н/Л/В, мм
<i>Котли опалювальні, газові, настінні, одноконтурні</i>		
8	PROTHERM 12 POO – 12 кВт, 150 м ² , вічне полум'я	870/440/400
9	PROTHERM 12 KOO – 12 кВт, 150 м ² , електроіскра	- // -
10	PROTHERM 12 KTO – 12 кВт, 150 м ² , турбо, електроіскра	- // -
11	PROTHERM 24 POO – 24 кВт, 300 м ² , вічне полум'я	- // -
12	PROTHERM 24 KOO – 24 кВт, 300 м ² , електроіскра	- // -
13	PROTHERM 24 KTO – 24 кВт, 300 м ² , турбо, електроіскра	- // -
14	PROTHERM 50 SOO – 48 кВт, 600 м ² , електроіскра	1150/440/485
<i>Котли чавунні, стаціонарні, газові, “вічне полум'я”</i>		
15	PROTHERM 50 PLO – 50 кВт, газовий, пл. опалення 600 м ²	900/690/630
16	PROTHERM 40 PLO – 40 кВт, газовий, пл. опалення 500 м ²	- // -
17	PROTHERM 30 PLO – 30 кВт, газовий, пл. опалення 400 м ²	870/510/675
18	PROTHERM 20 PLO – 20 кВт, газовий, пл. опалення 200 м ²	- // -
<i>Котли чавунні, стаціонарні, газові + диз. паливо</i>		
19	PROTHERM 50 NL – 50 кВт, пл. опалення 600 м ²	900/510/660
20	PROTHERM 35 NL – 35 кВт, пл. опалення 450 м ²	900/510/560
21	PROTHERM 24 NL – 24 кВт, пл. опалення 300 м ²	900/510/460
22	PROTHERM 18 NL – 18 кВт, пл. опалення 200 м ²	900/510/360

№ п/п	Назва	Габаритні розміри Н/Л/В, мм
<i>Котли чавунні, стаціонарні, газові, електроіскра</i>		
23	PROTHERM 80 KLR – 80 кВт, газовий, 850 м ² , з блоком керування	900/930/710
24	PROTHERM 80 KLO – 80 кВт, газовий, пл. опалення 850 м ²	- // -
25	PROTHERM 50 KLO – 50 кВт, газовий, пл. опалення 600 м ²	900/690/630
26	PROTHERM 40 KLO – 40 кВт, газовий, пл. опалення 500 м ²	- // -
27	PROTHERM 30 KLO – 30 кВт, газовий, пл. опалення 400 м ²	900/510/585
28	PROTHERM 20 KLO – 20 кВт, газовий, пл. опалення 250 м ²	- // -
<i>Котли модульні опалення, газові для дахових котелень</i>		
29	PROTHERM 50 STR – 50 кВт	1800/460/430
30	PROTHERM 50 STO – 50 кВт	- // -
31	PROTHERM 120 SOR; 120 SOO – 116 кВт	1650/690/720
<i>Проточні водонагрівники газові</i>		
32	PROTHERM POP 18 кВт	714/340/311
33	PROTHERM POP 23 кВт	714/380/311
<i>Котли настінні, опалювальні, електричні</i>		
34	PROTHERM K 9 кВт, пл. опалення 110 кв. м ² .	800/350/300
35	PROTHERM K 12 кВт, пл. опалення 140 м ² .	- // -
36	PROTHERM K 15 кВт, пл. опалення 190 м ² .	- // -
37	PROTHERM K 18 кВт, пл. опалення 225 м ² .	- // -
38	PROTHERM K 21 кВт, пл. опалення 260 м ² .	- // -
39	PROTHERM K 24 кВт, пл. опалення 300 м ² .	- // -

Додаток 56

**Укрупнені показники витрат теплоти q_0^* на опалення 1 м^2
загальної площі житлових будинків, Вт,
які збудовані до 1991 р.**

Поверховість забудови	Розрахункова температура $t_{х5}, ^\circ\text{C}$							
	-10	-15	-20	-25	-30	-35	-40	-45
1,2	152	159	166	173	177	180	187	194
3,4	80	86	91	97	101	103	109	116
5 і більше	67	70	73	81	87	87	95	100

Додаток 57

Щільність житлового фонду $f_b, \text{м}^2/\text{га}$

Зона мікрора- йону	Поверховість забудови								
	2	3	4	5	6	7	8	9	19
Центральна	3300	4100	4600	5300	5600	5900	6200	6600	6900
Північна	3700	5000	5400	5900	6300	6700	7000	7600	-
Південна	3400	4300	4800	5500	5800	6200	6500	6800	7100

**Питомі теплові характеристики деяких промислових
будинків на вентиляцію
(збудованих до 1991 р.)**

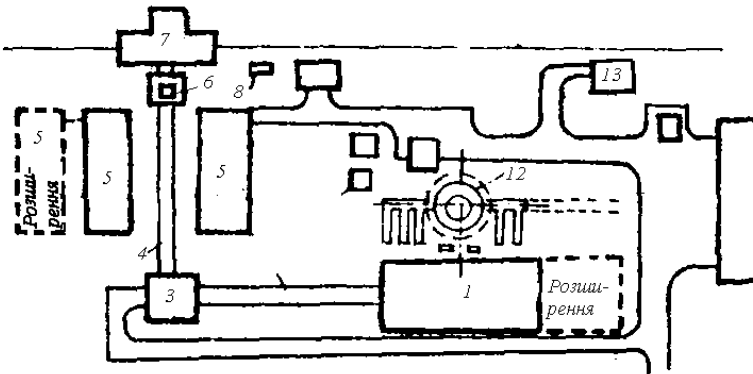
№ п/п	Назва будинку (цеху)	Будівельний об'єм $V_{\text{буд}}$, тис. м ³	Питома вентиляційна характеристика q_v , Вт/(м ³ ·К)
1	Гарячий (термічний)	≤ 10 10 ... 30	1,52 ... 1,4 1,4 ... 1,16
2	Зварювальний	≤ 10 10 ... 50	0,82 ... 0,7 0,7 ... 0,58
3	Механічний	5 ... 10 10 ... 50	0,47 ... 0,29 0,29 ... 0,18
4	Деревообробний	≤ 5 5 ... 10 10 ... 50	0,7 ... 0,58 0,58 ... 0,52 0,52 ... 0,47
5	Гальванічний	≤ 2 2 ... 5 5 ... 10	5,8 ... 4,56 4,56 ... 3,49 3,49 ... 2,33
6	Побутові і адміністративні будинки	1 ... 2 2 ... 5 5 ... 10	0,17 ... 0,14 0,17 ... 0,14 0,14 ... 0,13

**Укрупнені показники середньогодинної витрати
теплоти $q_{г.в}$ на одного жителя**

Вид водопостачання	Витрата теплоти, Вт
Гаряче (3 і більше поверхів)	334
Те саме, враховуючи споживання води у громадських будинках (3 і більше поверхів)	407
Без гарячого водопостачання, з урахуванням спожи- вання води в громадських будинках (1,2 поверхи)	73

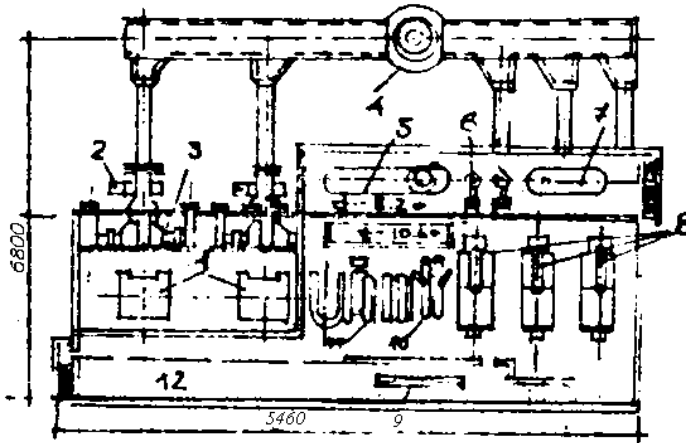
**Розміри земельних ділянок під котельні комплекси, га
(a x b, м)**

Теплопродуктивність котельного комплексу, МВт	Котли	
	на твердому паливі	на газі або на мазуті
5 ... 10	0,7 (100 x 70)	0,7 (100 x 70)
10 ... 50	1,5 (100 x 150)	1,2 (120 x 100)
50 ... 100	2,6 (150 x 180)	2,0 (180 x 115)
100 ... 200	3,2 (200 x 160)	2,5 (180 x 140)



Генеральний план виробничо-опалувальної котельні:

1 - котельня; 2 - галерея 2-го підйому; 3 - дробильне відділення; 4 - галерея 1-го підйому; 5 - відкритий склад вугілля; 6 - приймальний бункер вугілля; 7 - приймально-розвантажувальний пристрій; 8 - вагонні ваги; 9 - градирня; 10 - резервуар зворотнього водопостачання; 11 - етажерка пневмошлакозоловидалення; 12 - димова труба; 13 - склад солі і хімікатів.



Компонування котельні:

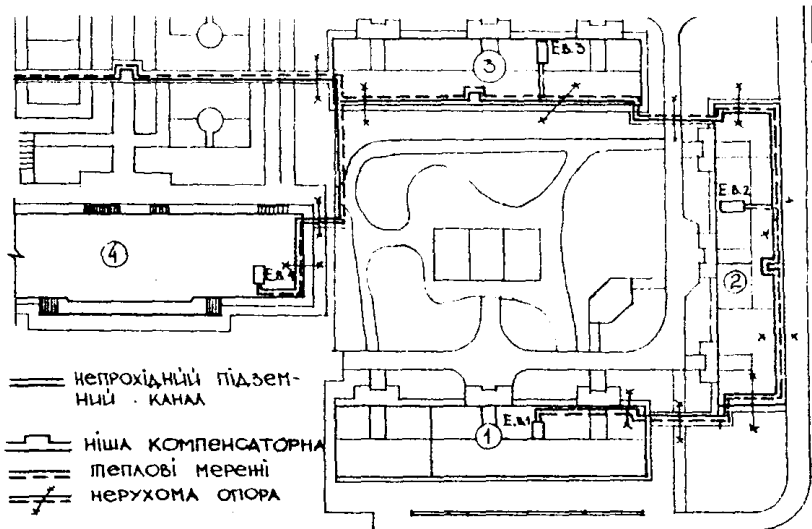
1 - водогрійні котли; 2 - димосмоктяки; 3 - вентилятор; 4 - димова труба; 5 - деаератор підживлювальної води; 6 - декарбонізатор; 7 - деаератор живильної води; 8 - парові котли; 9 - щит КВП; 10 - редукційна установка; 11 - підігрівники; 12 - службово-побутові приміщення.

Характеристика димових труб котельень

Теплопродуктивність котлоагрегата, МВт	Кількість котлоагрегатів	Габарити труби (висота x діаметр верху, м)		
		для кам'яного вугілля	для газу	для мазуту
Парові котельні				
11,5	3,4	30 x 1	30 x 1	30 x 1
29	3	45 x 1,5	-	-
	4	45 x 2		
58	3,4	45 x 2,5	45 x 2	60 x 2
87	3	60 x 2,5	45 x 2,5	60 x 2,5
	4	60 x 2,5	45 x 3,5	80 x 2,4
	5	60 x 3	45 x 3	80 x 3

Теплопродуктивність котлоагрегата, МВт	Кількість котлоагрегатів	Габарити труби (висота х діаметр верху, м)		
		для кам'яного вугілля	для газу	для мазуту
Водогрійні котельні				
11,5	3	45 х 1,5	30 х 1	30 х 1
	4	45 х 1,5	45 х 1,5	45 х 1,5
23	3	45 х 1,5	45 х 1,5	45 х 1,5
35	3,4	45 х 1,5	45 х 2	60 х 2
58	3,4	-	45 х 2,5	-
70	3	60 х 3	-	-
	4	80 х 3,5	-	-
116	3	-	80 х 3,5	100 х 3,5
	4,5	-	100 х 4,2	100 х 4,2

Додаток 64



План мікрорайону з системою тепlopостачання

**Відстані від будівельних конструкцій теплових
мереж до інженерних мереж і споруд**

Підземні мережі і споруди	Найменші відстані, м	
	по вертикалі	по горизонталі
Підземне прокладання		
До впроводу, водостоку, газопроводу, каналізації	0,2	1,5 (при безканальному прокладанні)
До броньованих кабелів зв'язку	0,5	
До силових кабелів	0,5	
До трамвайних колій	1,0	
До верху проїжджої частини автомобільних доріг	1,0	
Надземне прокладання		
До верху проїжджої частини автомобільної дороги	5,0	
До контактної мережі трамвая і тролейбуса	0,3	
До повітряних ліній електропередачі за напруги до 20 кВ	3,0	

**Відстань по горизонталі для суміщеного прокладання
інженерних комунікацій в одній траншеї**

Трубопровід	Відстань, м			
	до тепло-проводу	до газо-проводу	до водо-проводу	до водостоку і каналізації
Теплопровід	-	0,5...1,0	0,8	0,8
Газопровід:				
низького тиску	0,5	0,4...0,5	0,8	0,8
середнього тиску	1,0	0,4...0,5	0,8	0,8
Водопровід	0,8	0,8	0,8	1...1,2
Водостік і каналізація	0,8	0,8	1,0...1,2	0,4

Примітка. Відстані вказані при розташуванні труб на одному рівні або при різниці рівнів не більшій за 0,4 м.

**Відносна вартість прокладання 1 м двох труб погонної
довжини для $D_y = 500$ мм**

Прокладання тепломережі	Вартість залежно від виду ґрунтів, відносно одиниці	
	сухі	мокрі
Безканальне	1,0	1,18
В непрохідних каналах	1,42	1,75
В напівпрохідних каналах (1,6...1,8 м)	1,99	2,44
В прохідних каналах	2,6	3,04
Наземна:		
при $h \leq 2,5$ м	1,35	1,5
при $h = 2,5 \dots 7,8$ м	1,56	1,7

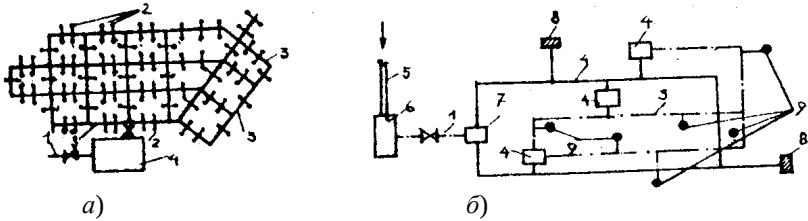
Примітка. За одиницю прийнятий варіант безканального прокладання в сухих ґрунтах.

Орієнтовна вартість однотрубною тепломережі

D_y , мм	Вартість у відносних одиницях
100	1,0
500	3,73
1000	6,9

Основні вимоги до приміщень при встановленні в них побутових газових приладів

№ п/п	Побутовий газовий прилад	Об'єм, м ³	Висота, м	Вимоги до приміщення
1	Побутові газові прилади з пальниками: двома трьома чотирма	8 12 15	2,2 2,2 2,2	Наявність вікна з кватиркою (фрамугою), витяжного вентиляційного каналу і природного освітлення
2	Газова плита, протічний водонагрівник і один опалювальний котел (ємнісний водонагрівник)	21	2,2	При встановленні в кухні, наявність вікна з кватиркою (фрамугою), витяжного вентиляційного каналу і природного освітлення, відведення продуктів згоряння у димохід
3	Газова плита, протічний водонагрівник і два опалювальних прилади	27	2,2	Те саме
4	Газовий водонагрівник, опалювальний котел: один прилад два прилади	7,5 13,5	2,0 2,0	Наявність вентиляційного каналу, відведення продуктів згоряння у димохід



Типові схеми газопостачання міст:

а – односхідчаста; *б* – двосхідчаста; 1 – газопровід середнього (високого тиску); 2 – відгалуження і вводи до споживачів; 3 – газопроводи низького тиску; 4 – газорегуляторний пункт низького тиску; 5 – магістральний газопровід; 6 – газорозподільна станція; 7 – газорегуляторний пункт середнього тиску; 8 – споживачі газу середнього тиску; 9 – споживачі газу низького тиску.

Мінімальні відстані між газопроводами та інженерними комунікаціями і спорудами, м

Тиск газу в газопроводі, кПа	До фундаменту будинку	До найближчої рейки		Силові кабелі	Водопровід	Каналізація, водостоки	Тепломережа (до стінки каналу)	Дерева (до стовбура)
		залізничі	трамвайної колії					
5 (низький)	2,0	3,0	2,0	1,0	1,0	1,0	2,0	1,5
5...300 (середній)	4,0	4,2	2,0	1,0	1,0	1,5	2,0	1,5
300...600 (високий)	7,0	7,0	3,0	1,0	1,5	2,0	2,0	1,5
600...1200 (високий)	10,0	10,0	3,0	2,0	2,0	5,0	4,0	1,5

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. **Алексеев М.И., Дмитриев В.Д., Быховский Е.М., Ким А.Н., Лялинов А.Н.** Городские инженерные сети и коллекторы. – Л.: Стройиздат, 1990. – 384 с.
2. **Артюшенко Н.М.** Отопление индивидуальных домов. – К.: Будівельник, 1985. – 176 с.
3. **Белевицкий А.М.** Проектирование газоочистительных сооружений. – Л.: Химия, 1990. – 288 с.
4. **Богословский В.Н.** Строительная теплофизика (теплофизические основы отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха): Учебник для вузов. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Высшая школа, 1982. – 415 с.
5. **Богословский В.Н., Новожилов В.И., Симаков Б.Д., Титов В.П.** Отопление и вентиляция: Ч. II. Вентиляция. – М.: Стройиздат, 1976. – 439 с.
6. **Богословский В.Н., Щеглов В.П., Разумов В.Н.** Отопление и вентиляция. 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Стройиздат, 1980. – 295 с.
7. **Богуславский Л.Д.** Снижение расхода энергии при работе систем отопления и вентиляции. – М.: Стройиздат, 1985. – 336 с.
8. **Дроздов В.Ф.** Отопление и вентиляция. Отопление: Учебник для строит. вузов. – М.: Высшая школа, 1976. – 280 с.
9. **Дроздов В.Ф.** Отопление и вентиляция: Учеб. пособие для строит. вузов и фак. по спец. “Теплогасоснабжение и вентиляция”. В 2-х ч. Ч. 2. Вентиляция. – М.: Высшая школа, 1984. – 263 с.
10. **Дэвис А., Шуберт Р.** Альтернативные природные источники энергии в строительном проектировании. /Пер. с англ. А.С. Гусева. Под ред. Э.В. Сарнацкого. – М.: Стройиздат, 1983. – 190 с.
11. **Енин П.М., Семенов М.В., Тохмамыш Н.И.** Газоснабжение жилищно-коммунальных объектов. – К.: Будівельник, 1981. – 134 с.
12. **Инженерное оборудование зданий и сооружений:** Учеб. пособие для студентов вузов /Под. ред. Пашенко Н.Е. – М.: Высшая школа, 1981. – 344 с.
13. **Инженерное оборудование зданий и сооружений** /Под. ред. Табунщикова Ю.А. – М.: Высшая школа, 1989. – 238 с.
14. **Ионин А.А.** Газоснабжение. – М.: Стройиздат, 1989. – 439 с.
15. **Карпис Е.Е.** Энергосбережение в системах кондиционирования воздуха. – М.: Стройиздат, 1986. – 268 с.
16. **Крум Д., Робертс Б.** Кондиционирование воздуха и вентиляция зданий. – М.: Стройиздат, 1980. – 399 с.
17. **Лабай В.Й.** Тепломасообмін: Підручник для ВНЗ. – Львів: Тріада Плюс, 1998. – 260 с.
18. **Ливчак И.Ф., Воронов Ю.В.** Охрана окружающей среды. – М.: Стройиздат, 1988. – 191 с.

19. **Методичні вказівки і рекомендації** до курсової роботи з курсу “Інженерне обладнання будинків і споруд” для студентів спеціальності 2901 “Архітектура” /Укл. С.С. Жуковський, В.С. Латик, 1993. – 68 с.
20. **Рекомендации** по расчету вентиляционных систем противодымной защиты жилых зданий повышенной этажности. – М.: Стройиздат, 1985. – 32 с.
21. **Русланов Г.В., Розкин М.Я., Ямпольский Э.Л.** Отопление и вентиляция жилых и гражданских зданий: Проектирование/Справочник. – К.: Будівельник, 1983. – 272 с.
22. **Сахаев В.Г., Щербийский Б.В.** Справочник по охране окружающей среды. – К.: Будівельник, 1986. – 152 с.
23. **СНиП 2.04.05 – 86.** Отопление, вентиляция и кондиционирование. – М.: ЦИТП Госстроя СССР, 1987. – 64 с.
24. **СНиП 2.04.05 – 91*У.** Отопление, вентиляция и кондиционирование. Издание неофициальное. – К.: КиевЗНИИЭП, 1996. – 66 с.
25. **СНиП 2.01.01 – 82.** Строительная климатология и геофизика. – М.: Стройиздат, 1983. – 136 с.
26. **СНиП II-3-79**.** Строительная теплотехника. – М.: Стройиздат, 1986. – 32 с.
27. **Теплоснабжение:** Учебник для вузов/Под. ред. Ионина А.А. – М.: Стройиздат, 1982. – 336 с.
28. **Тихомиров К.В., Сергеев Э.С.** Теплотехника, теплогазоснабжение и вентиляция: Учеб. для вузов. – М.: Стройиздат, 1991. – 480 с.
29. **Торговников Б.М., Табачник В.Е., Ефанов Е.М.** Проектирование промышленной вентиляции/Справочник. – К.: Будівельник, 1983. – 256 с.
30. **Blak F.A. and Milroy E.A.,** J.Instn. Heat. Vent. Engrs, 34, 188 (1966).
31. **Croome D.J.,** Int. Conf. The Working Environment. Reading Junior Chamber of Commerce, University of Reading, 1970.
32. **Ewert G.,** International Rhinology, 4, 25 (1966).
33. **Fuchs John.** “A Realistic Approach to Conserving Energy”, Progressive Architecture, September 1973, p. 99.
34. **Houghten F.C. and Yaglou C.P.,** Trans. Am. Soc. Heat. Vent. Engrs, 29, 163 (1923).
35. **Inst. Heat. Vent. Engrs** (Guide, 1970).
36. **Larson C.T.,** Publication No.1008, Building Res. Institute Washington, DC, USA, 1963.
37. **Leworthy L.K.,** Power and Works Engineering (April, 1967).
38. **Lidwell O.M. and Blowers R.J.** Instn. Heat. Vent. Engrs, 30, 320 (1962).
39. **Link J.M. and Pepler R.D.,** Trans. Am. Soc. Heat. Refrig. Air-Cond. Engrs, 76, part II, 326 (1970).
40. **Nemecek J. and Crandjean E.,** Industrielle Organisation, 40, (5), 233

(1971).

41. **Rathbone R.A.**, Proc. I. Mech. E., 182, (3E), 20 (1967).
42. **Thomas et al.**, Technical Paper No.7, Fire Research Station, 1963.
43. **Poradnik** . Ogrzewanie i klimatyzacja. – Gdańsk, EWFE, 1994. – 1968 c.
44. **Wolgers B.** and **Wiedling K.**, Summary T15: 1971, and Report 0033/70, Study of Office Environment, Nat. Swedish Building Res., 1970.
45. **Zoz N.I.**, Svetotekhnica, 6, No. 11 (1960).

Навчальне видання

Жуковський Стефан Семенович
Лабай Володимир Йосифович

СИСТЕМИ ЕНЕРГОПОСТАЧАННЯ І ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ МІКРОКЛІМАТУ БУДИНКІВ ТА СПОРУД

Навчальний посібник

Редактор видавництва *К.Р. Третяк*
Літературний редактор *І.С. Гунько*

Підписано до друку 20.12.2000. Формат 60х84 1/16. Папір друк.
Друк різнографний. Умовн. друк. арк.16.19. Обл.-вид. арк. 15.05.
Тираж 500 прим. Зам. № 103.

Львівське астрономо-геодезичне товариство
Геодезичний факультет
Національний університет “Львівська політехніка”

Україна, 79646, м. Львів-13, вул. Ст. Бандери, 12,
тел. (0322) 39-8832, 39-87-84, 39-88-04, 72-96-94,
ел. пошта: kornel@polynet.lviv.ua,
ovozniak@polynet.lviv.ua
wlabay@i.ua