 **Міністерство освіти і науки України**

**ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ**

**УНІВЕРСИТЕТ БУДІВНИЦТВА ТА АРХІТЕКТУРИ**

Спеціальність 6.092108

##### МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

до виконання контрольної роботи

з курсу «Теплогазопостачання і вентиляція»

## Харків 2012

**Міністерство освіти і науки України**

**ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**

**БУДІВНИЦТВА ТА АРХІТЕКТУРИ**

Спеціальність 6.092108

##### МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

до виконання практичних завдань

з курсу «Теплогенеруючі установки»

Затверджено на засіданні кафедри

ТГВ і ТВЕР.

Протокол № 6 від 15.02.07р.

## Харків 2012

Методичні вказівки до виконання практичних завдань з курсу «Теплогазопостачання і вентиляція» для студентів спеціальності 6.092108 “Теплогазопостачання і вентиляція” усіх форм навчання / Укладачі: Н.М. Басова, В.Б. Поволочко, І.І. Уланченко, О.С. Пранцуз, О.В. Шипілова – Харків: ХНУБА, 2012.-

Рецензент

Кафедра теплогазопостачання, вентиляції та теплових вторинних енергоресурсів

**1. ОСНОВНІ ФІЗИКО-ХІМІЧНІ ПОНЯТТЯ**

Усі предмети, що оточують людину (стілець, стіл, насос, книга), являються **фізичним тілом**. Усі фізичні тіла складаються з окремих елементів, що є речовинами.

**Речовина** - окремий вид матерії, який має при певних умовах постійні фізичні властивості. Наприклад: залізо, мідь, кисень, вода.

Усі речовини у природі зустрічаються у трьох становищах:

* твердому (всі тверді речовини при нормальних умовах зберігають форму та об’єм);
* рідкому ( рідкі речовини при нормальних умовах не зберігають свою форму але їх об’єм не змінюється );
* газоподібному (газоподібні речовини не зберігають ні об’єм, ні форму, вони намагаються зайняти як найбільший об’єм).

При нагріванні всі речовини розширяються, а при охолодженні стискаються.

**Енергія** – це спільна кількісна міра всіх форм руху матерії. У природі існує потенціальна, кінетична та внутрішня енергія.

**Потенціальна енергія** – це така енергія, яка визначається взаємним положенням речовин, тіл або частин речовини або тіла. Потенціальну енергію має водяна пара у паровому котлі.

**Кінетична енергія** – це енергія, яку має будь яка речовина або фізичне тіло внаслідок свого руху. Кінетична енергія речовини або фізичного тіла залежить від маси та швидкості. Чим більша маса та швидкість речовини або тіла, що рухається, тим більша його кінетична енергія.

**Внутрішня енергія речовини** – це кінетична та потенціальна енергія молекул, з яких складається речовина. Вона не залежить ні від руху, ні від положення цієї речовини відносно інших речовин. Вона залежить тільки від температури речовини, та як залежно від температури речовини змінюється швидкість руху молекул, а відповідно, і внутрішня енергія.

**Інерція** – це властивість речовини або фізичного тіла зберігати спокій або прямолінійний рівномірний рух.

Показники, що характеризують тіло у даному стані **звуться параметрами стану.** Частіше всього стан тіла визначається наступними параметрами: питомий об’єм, тиск та температура.

**Питомий об’єм** тіла представляє собою об’єм, що займає одиниця його маси, :

(1.1)

де V – об’єм тіла,;

М – маса тіла, кг.

Величина, зворотна питомому об’єму, представляє собою масу одиниці об’єм та несе назву густини,:

(1.2)

**Тиск пари (газу)** на стінки сосуду, в якому міститься пара (газ), – це середній результат ударів о стінки великої кількості молекул, з яких складається пара (газ). Тиск вимірюється силою, яка діє рівномірно на одиницю поверхні за напрямком перпендикулярним поверхні. У міжнародній системі одиниць (СІ) за одиницю тиску прийнято паскаль (1Па =1Н/м2). Паскаль – одиниця виміру тиску дуже мала. Прийняті несистемні одиниці у техніці: кілопаскаль (1кПа), мегапаскаль (1МПа) та гігапаскаль ( 1ГПа).

**Напір** – це висота, на яку рідина або газ можуть піднятися під дією статичного тиску (насосом). Напір – лінійна величина, яка відбивається в одиницях довжини (м), а не тиску.

**Атмосферний тиск** – це тиск повітряної оболонки Землі товщиною у декілька сотень кілометрів на поверхню Землі та предметів, що на ній знаходяться. Атмосферний тиск на рівні моря дорівнює 760 мм рт.ст. Чим вище від рівня моря точка поверхні Землі, тим менше атмосферний тиск. **Фізична атмосфера** (атм) – тиск стовпчика ртуті висотою 760мм або 1,033 кгс/см2 або 101325 Па. Крім фізичної атмосфери одиницею вимірювання тиску є **технічна атмосфера**, яка дорівнює 1 кгс/см2 = 98066,5 Па = 0,98 кПа.

У закритих сосудах розрізняють тиск надлишковий, абсолютний та розрідження (вакуум).

**Надлишковий тиск** (атм) – це тиск понад атмосферний. Манометр, який приєднаний до працюючого парового або водогрійного котла, показує надлишковий тиск (стрілка манометра знаходиться на одиниці, то це відповідає тиску в котлі 1атм або 0,1МПа = 1кгс/см2, а якщо стрілка на 10, то тиск пари в котлі 10атм або 1МПа = 10 кгс/см2).

**Абсолютний тиск** (атм) дорівнює сумі надлишкового тиску та тиску навколишнього повітря ( атмосферного тиску).

**Розрідження (вакуум)** – це тиск, який менше тиску навколишнього повітря (атмосферного тиску).

**Температура** – це міра нагрівання речовини або фізичного тіла. У нашій країні використовуються дві температурних шкали: термодинамічна та міжнародна практична. По кожній з цих шкал температура може бути відображена і в градусах абсолютної шкали Кельвіна (К) і в градусах Цельсія () залежно від початку відліку (положення нуля) на шкалі. Температура в Кельвінах більша за температуру виміряну в градусах Цельсія, на 273.

**Робота, потужність та теплота**. При здійснені будь-якої роботи з’являється рівна їй кількість теплової енергії (за рахунок витраченої при цьому кількості механічної енергії), і, навпаки, при зникненні деякої кількості теплоти виникає рівна їй кількість механічної енергії. У Міжнародній системі (СІ) теплота, енергія та робота відображається загальною одиницею енергії – джоулем (Дж). Робота, яка здійснена в одиницю часу, являється потужністю. За одиницю потужності прийнятий Ватт (1 Вт = 1 Дж/с).

Перший закон термодинаміки для кінцевого зміну стану має вигляд:

(1.3)

де - зміна внутрішньої енергії робочого тіла;

– кількість теплоти, що підведена до робочого тіла масою М зовні.

У ізохорному процесі (P=const) робота розширення дорівнює нулю . Тобто підведена теплота йде на зміну внутрішньої енергії тіла, Вт.

(1.4)

де – середня масова теплоємність при постійному тиску;

– вагова витрата рідини;

– кінцева та початкова температури тіла.

**Теплоємкість** – це кількість теплоти, яку необхідно витратити для зміни температури одиниці будь-якої речовини на 1оС. Для характеристики теплових якостей речовини прийнята теплоємкість їх одиниці (1кг, 1м3), яку відповідно називають питома масова або питома об’ємна теплоємкість. Теплоємкість залежить від природи робочого тіла, його температури та характеру процесу, в якому здійснюється підведення або відведення тепла.

**Питома теплоємкість** – це кількість теплоти, яку потрібно витратити на одиницю речовини або фізичного тіла (1кг, 1м3 ), для того, щоб змінити його температуру на 1оС. Одиниці вимірювання питомих теплоємкостей: кДж/(кг∙оС) або ккал/(кг∙оС); кДж/(м3∙оС) або ккал/(м3∙оС).

Для газів розрізняють питому теплоємкість при постійному об’ємі ( сv) і питому теплоємкість при постійному тиску (ср). Завжди ср більше сv . У теплотехніці прийнято питому теплоємкість називати просто теплоємкість.

**Теплообмін** – це розповсюдження та передавання теплоти між речовинами та фізичними тілами.

Розрізняють три способи передавання теплоти: теплопровідність, конвекція та випромінювання (радіація).

**Теплопровідність** – перенесення теплоти від більш нагрітих ділянок тіла до менш нагрітих у наслідок теплового руху молекул, атомів та вільних електронів. Це фактично здатність речовини або фізичного тіла пропускати скрізь себе теплоту. При цьому перенесення теплоти завжди здійснюється таким чином, що він сприяє вирівнюванню температури в середовищі.

**Коефіцієнт теплопровідності λ** , Вт/(м∙оС), – кількість теплоти, яка передається 1м2 поверхні стінки за одиницю часу при різниці температур 1оС та товщині стінки – 1м.

**Конвекція** – перенесення теплоти у рідинах та газах за рахунок переміщення їх об’ємів при нагріванні (або шляхом перемішування та переміщення по різному нагрітих шарів рідини і газоподібних речовин під дією сил тяжіння). Явище передавання теплоти при стиканні стінки з рідиною шляхом теплопровідності й наступне розповсюдження її в рідині за рахунок конвекції є **конвективним теплообміном**, або **теплопередачею**.

**Коефіцієнт конвективного теплообміну αк**, Вт/(м2∙оС) – кількість теплоти, яка передається від стінки площею поверхні 1м2 до рідини або газу, і, навпаки, за одиницю часу при різниці температур 1оС.

**Випромінювання (радіація)** – передача теплоти від одного тіла до іншого шляхом електромагнітних хвиль (променистої енергії ) скрізь прозоре газове середовище ( наприклад, повітря ), яка, потрапивши на інші тіла, частково або повністю поглинається цим тілом. Цей процес передавання теплоти (без руху молекул) супроводжується перетворенням теплової енергії у променисту і, навпаки, променистої в теплову.

**Коефіцієнт променистого теплообміну** **αл**, Вт/(м2∙оС), – кількість теплоти, яка передається випромінюванням від 1м2 однієї поверхні до іншої за одиницю часу при різниці температур 1оС. Величина променистого теплообміну залежить від температури випромінювальної поверхні у четвертому ступені (Т4) і коефіцієнтів випромінювання поверхонь.

Променистий теплообмін може здійснюватись не лише між твердими тілами, але й між газами та твердими тілами (топки котлів). У газах випромінювання та поглинання здійснюється по всьому об’єму, а в твердих тілах – лише в поверхневому шарі.

Одночасний теплообмін теплопровідністю, конвекцією та випромінюванням здійснюється у паровому котлі. У котлі теплота передається від продуктів згоряння палива до сталевих стінок кип’ятильних і екранних труб шляхом випромінювання та конвекції, а скрізь сталеві стінки труб теплота передається воді теплопровідністю.

**Коефіцієнт тепловіддачі** від рідини або газу до стінки **αв** або від стінки до рідини або газу **αн**, Вт/(м2∙оС), – кількість теплоти, яку отримає або віддасть за одиницю часу одиниця площі поверхні стінки в 1м2 при різниці температур у 1оС. Коефіцієнт тепловіддачі відповідно дорівнює сумі коефіцієнтів конвекції та випромінювання.

**Коефіцієнт теплопередачі К**, Вт/(м2∙оС), – кількість теплоти, яка передається за одиницю часу від одного середовища до іншого (рідини або газу) крізь стінку площею 1м2, що їх відокремлює, при різниці температур 1оС.

**Термічний опір теплопередачі R= 1/K** – величина зворотна коефіцієнту теплопередачі.

**Теплота пароутворення (випаровування) води**, кДж/кг, - кількість теплоти, яку потрібно підвести до води для перетворення її з рідкого стану в пароподібне при температурі кипіння та постійному тиску.

Теплота пароутворення є **прихованою теплотою** тому, що під час нагрівання рідини і газу при постійному тиску ( у замкнутій посудині ) температура їх залишається постійною, поки вся рідина не перетвориться у пару. При конденсації пари виділяється прихована теплота пароутворення.

**Ентальпія** (**тепловміст**), кДж/кг, – кількість теплоти, яка потрібна для нагрівання 1кг води від 0оС до температури кипіння (до моменту пароутворення). З підвищенням тиску пари прихована теплота пароутворення зменшується, а температура кипіння та ентальпія підвищується.

Розрізняють пару насичену та перегріту.

**Насичена пара** – це пара, яка знаходиться у динамічній рівновазі зі своєю рідиною та яка має однакову з рідиною температуру та тиск.

**Волога насичена пара** – це пара, в яку при пароутворенні потрапили крапельки котлової води.

**Суха насичена пара** – це пара без крапель води.

Якщо до сухої насиченої пари підвести теплоту при постійному тиску, тоді отримаємо **перегріту пару**, яка не містить вологи, та її температура буде вища за температуру кипіння при даному тиску. Фактично перегріта пара – це водяна пара, у якої температура вище температури насиченої пари при однаковому тиску.

Різниця між температурою перегрітої пари та температурою насиченої пари того самого тиску - це **ступінь перегріву**.

При охолодженні перегрітої пари її температура спочатку знижується до температури, яка дорівнює температурі насиченої пари того самого тиску, а потім може початися конденсація.

**2. ТЕПЛООБМІННИКИ**

Теплообмінники широко використовуються у системах теплогазопостачання та у системах обладнання газових родовищ. Тому майбутній інженер повинен знати основи розрахунку теплообмінних пристроїв. Вміти розраховувати повний тепловий потік та густину теплового потоку для випадків теплопровідності, конвекції та випромінювання конструктивним та повірочним розрахунками.

**2.1. Теплопровідність**

Кількість тепла, яка проходить крізь плоску однорідну стіну за одиницю часу, Вт, визначається за формулою:

(2.1.1)

де *λ* – коефіцієнт теплопровідності матеріалу стінки, Вт/(м ∙ оС);

*t1* та *t2* – температури поверхонь стіни, оС;

*F* – площа стінки, м2;

*δ* – товщина стінки, м.

Для багатошарової стінки кількість тепла, Вт, визначаємо за формулою:

(2.1.2)

де *λекв*– еквівалентний коефіцієнт теплопровідності багатошарової стінки, Вт/.

(2.1.3)

де n – кількість шарів;

δ1, δ2 ,…, δn – товщина шарів стінки;

λ1, λ2 ,…, λn  - коефіцієнт теплопровідності окремих шарів.

Температури на поверхні шарів багатошарової стіни визначаються за формулами, :

(2.1.4)

(2.1.5)

(2.1.6)

Лінійна щільність теплового потоку циліндричної стінки, Вт/м, визначається так:

(2.1.7)

де *ℓ* - довжина труби, м;

*d1* та *d2* – відповідно внутрішній та зовнішній діаметри труби, м.

Для багатошарової циліндричної стінки лінійна щільність теплового потоку, Вт/м, визначається за формулою:

(2.1.8)

Температури на поверхнях шарів багатошарової циліндричної стінки, , визначаються за формулами:

(2.1.9)

(2.1.10)

(2.1.11)

**2.2. Теплопередача**

Кількість тепла, що передається від одного теплоносія до іншого крізь розділову стінку за одиницю часу, Вт, визначається рівнянням:

(2.2.1)

де *k* – коефіцієнт теплопередачі, Вт/(м2 ∙ оС);

– температури теплоносіїв, оС;

*F* – площа розділової поверхні, м2.

При теплопередачі крізь плоску однорідну стінку коефіцієнт теплопередачі, , визначається за рівнянням:

(2.2.2)

де *α1* та *α2* – коефіцієнти тепловіддачі на поверхнях стінки, Вт/(м2 ∙ оС);

*λ* – коефіцієнт теплопровідності матеріалу стінки, Вт/(м∙ оС);

*δ* – товщина стінки, м.

Для багатошарової стінки коефіцієнт теплопередачі,, визначається за рівнянням:

(2.2.3)

де *δі* та *λі* – товщина та теплопровідність шарів стінки.

Температури поверхонь стінки, , визначаємо за рівняннями:

(2.2.4)

(2.2.4)

При теплопередачі крізь циліндричну стінку кількість тепла, коефіцієнт теплопередачі визначаються відповідно за такими рівняннями:

(2.2.5)

(2.2.6)

де – коефіцієнт теплопередачі віднесений до одиниці довжини труби;

– довжина труби, м.

Температура на внутрішній та зовнішній поверхнях труби, , визначаються за рівняннями:

(2.2.7)

(2.2.8)

**2.3. Основи теплового розрахунку теплообмінників**

Тепловий розрахунок будь-якого теплообмінного пристрою виконується за рівнянням теплового балансу та рівнянням теплопередачі.

**Рівняння теплового балансу** теплообмінника виражає рівність теплоти, яка віддається гріючим теплоносієм та теплоти, яка сприйнята нагрівною рідиною.

Тепловий потік для теплообмінників, які не змінюють агрегатного стану теплоносіїв, Вт:

(2.3.1)

де – масова витрата теплоносія, ;

– питома теплоємність теплоносія, ;

– температури теплоносія відповідно на вході та виході з теплообмінника.

Тепловий потік у разі зміни агрегатного стану одного з теплоносіїв, Вт:

(2.3.2)

де – ентальпії теплоносія на вході та виході з теплообмінника, Дж/кг.

**Рівняння теплопередачі:**

* через плоску стінку з площиною поверхні теплообміну F:

(2.3.3)

* через циліндричну стінку довжиною :

(2.3.4)

* через шарову стінку:

(2.3.5)

**Середній температурний опір** між двома теплоносіями по поверхні теплообміну визначається наступними засобами:

(2.3.6)

де – більша та менша різниці двох теплоносіїв на кінцях теплообмінника;

можна визначити за номограмою (рис.2.3.1):

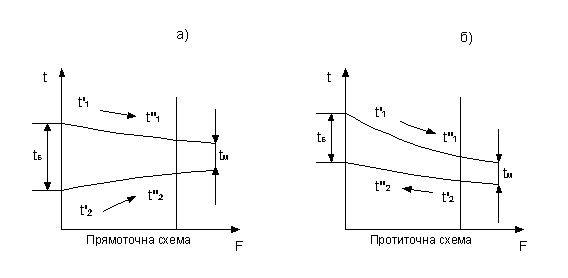


Рисунок 2.3.1

**Середньоарифметичний опір**у разі незначного змінення різниці температур теплоносіїв вздовж поверхні теплообміну (при

(2.3.7)

Для перехресної течії та складної схеми руху теплоносіїв:

(2.3.8)

де - середньологарифмічний температурний напір, визначений для протитечної схеми;

– коефіцієнт, що визначається залежно від параметрів P та R і схеми руху теплоносіїв, при цьому:

(2.3.8)

За допомогою вище наведеного теоретичного матеріалу можна вирішити наступні задачі.

**Задача 1** Крізь плоску металеву стінку топки котла товщиною δ = 14мм від газів до киплячої води проходить питомий тепловий потік q =25000 Вт/м2. Коефіцієнт теплопровідності сталі = 50 Вт/(м∙). Визначити перепад температури на поверхнях стінки.

Відповідь: Δt = 7.

**Задача 2** Визначити еквівалентний коефіцієнт теплопровідності стальної стінки парового котла, якщо вона покриється шаром накипу 2мм з коефіцієнтом теплопровідності = 1,35 Вт/(м∙). Товщина стального листа δ = 16мм, коефіцієнтом теплопровідності = 50 Вт/(м∙). Порівняти з коефіцієнтом теплопровідності сталі.

Відповідь: = 10 Вт/(м∙), що в 5 раз менше.

**Задача 3** Підрахувати питомий тепловий потік q крізь стальну стінку котла товщиною δ1=20мм, якщо одна поверхня цієї стінки покрита шаром накипу товщиною δ=2мм. Коефіцієнт теплопровідності сталі = 50 ккал/(м∙ год∙), накипу λн=1,0 ккал/(м∙год∙). Температура поверхні стальної труби дорівнює 250оС, а поверхні накипу 100. Визначити також температуру в площині торкання металу та накипу. Підрахунок робити в одиницях системи СІ.

Відповідь: q = 75000 Вт/м2; t = 224.

**Задача 4** Стінка нагрівальної печі має два шари цегли. Внутрішній шар виконаний з вогнетривкої цегли товщиною δ1=350мм, а зовнішній з червоної цегли товщиною δ2=250мм. Визначити температуру на внутрішній поверхні стінки t1 та на внутрішній стороні червоної цегли t2 , якщо на зовнішній стороні температура стінки t3 =90оС, а втрати тепла крізь 1м2 стінки дорівнює 1 кВт. Коефіцієнт теплопровідності вогнетривкої та червоної цегли відповідно = 1,4 Вт/(м∙) і = 0,58 Вт/(м∙).

Відповідь: t1 =770; t2 =520.

**Задача 5** Обмурівка печі складається з шарів шамотної та червоної цегли та діатомітової засипки між ними. Товщина шамотного шару дорівнює δ1=120мм, діатомітової засипки δ2 = 50мм та червоної цегли δ3=250мм. Коефіцієнти теплопровідності відповідно дорівнюють λ1= 0,8 ккал/(м∙ год∙), λ2= 0,12 ккал/(м∙год∙) та λ3= 0,6 ккал/(м∙ год∙). Підрахунок робити в одиницях системи СІ.

У скільки разів необхідно збільшити товщину шару червоної цегли для того, щоб обмурівка без діатомітової засипки мала такі самі теплові втрати, як і з засипкою.

Відповідь: для визначення потрібно використовувати умову рівності термічних опорів обмурівки печі для двох випадків; товщину шару червоної цегли потрібно збільшити в два рази.

**Задача 6** Визначити питомі витрати тепла крізь стінку труби (d1 /d2= 20/30мм) з жаротривкої сталі, коефіцієнт теплопровідності якої λ2= 17,45 Вт/(м∙), температура зовнішньої поверхні 600, а внутрішньої поверхні 450.

Відповідь : q = 40705 Вт/м.

**Задача 7** Визначити тепловий потік крізь поверхню 1м паропроводу внутрішнім діаметром 140мм, ізольованого двома шарами теплової ізоляції товщиною δ2=20мм та δ3=40мм. Коефіцієнти теплопровідності труби та ізоляції відповідно λ1=55 Вт/(м∙), λ2=0,037 Вт/(м∙) та λ3= 0,14 Вт/(м∙). Температура на внутрішній поверхні трубопроводу t1 = 300 та зовнішньої поверхні ізоляції t4 = 55. Товщина стінки паропроводу δ = 5мм.

Відповідь: q = 172,5 Вт/м.

**Задача 8** Як зміниться втрата тепла крізь ізольовану стінку паропроводу (див. задачу 7), якщо ізоляційні шари поміняти місцями?

Відповідь: q = 208 Вт/м, Δ q = 20,6%.

**Задача 9** Визначити щільність теплового потоку крізь плоску стінку топки парового котла та температури на поверхні стінки, якщо задані: температура топочних газів 1200оС, температура води в котлі 200, коефіцієнти тепловіддачі відповідно 45 Вт/(м2 ∙) та 6000 Вт/(м2 ∙), товщина стінки 14мм та коефіцієнт теплопровідності матеріалу стінки 58 Вт/(м∙).

Відповідь: q = 44100 Вт/м2 , t1= 220, t2= 207,35.

**Задача 10** Щільність теплового потоку крізь плоску стінку котла при температурі газів = 1100 та температурі води у котлі = 180 складає 50000 Вт/м2. Коефіцієнт тепловіддачі з боку води складає 5700 Вт/(м2 ∙).

Визначити коефіцієнт теплопередачі, коефіцієнт тепловіддачі з боку газів та температуру поверхонь стінки котла, якщо її товщина 12мм і коефіцієнт теплопровідності металу 56 Вт/(м∙).

Відповідь: k = 54,4 Вт/(м2 ∙), α1 = 55,5 Вт/(м2 ∙), t1= 200, t2 = 187,7.

**Задача 11** Знайти тепловий потік та температури поверхонь нагріву парового котла, якщо задані наступні величини:

- температура димових газів = 1000;

- температура киплячої води = 150;

- коефіцієнт тепловіддачі від димових газів до стінки α1 = 30 ккал/(м2 ∙год∙);

- коефіцієнт тепловіддачі від стіни до киплячої води α2=5000 ккал/(м2∙год∙);

- коефіцієнт теплопровідності матеріалу стінки λ = 50 ккал/(м∙год∙);

- товщина стінки *δ* = 10мм.

Розрахунок провести у одиницях системи СІ.

Відповідь: q = 28985 Вт/м2 , t1= 160, t2= 155.

**Задача 12** Вирішити задачу 11, якщо поверхня нагріву котла покрита сажею на стороні димових газів ( товщина шару δ1 = 1мм, коефіцієнт теплопровідності сажі λ1 = 0,08 ккал/(м∙год∙), а на стороні киплячої води утворився шар накипу (товщина шару δ3 = 5мм, λ3 = 0,8 ккал/(м∙год∙).

Знайти тепловий потік крізь забруднену поверхню нагріву, обчислити температури на поверхнях стінки та на стиках шарів стінки, зобразити розподіл температур в стінці. Результати порівняти з відповіддю задачі 11. Розрахунок вести у одиницях системи СІ.

Відповідь: q = 18674 Вт/м2 , що складає 64% від теплового потоку чистої поверхні нагріву ( див. відповідь до задачі 11), t1 = 465, t2 = 264,

t3 = 253, t4 = 153.

**Задача** **13** Визначити втрату тепла q крізь цегляну обмурівку котла, товщина якої дорівнює 250мм, якщо температура димових газів = 600, температура повітря у котельні = 30, коефіцієнт тепловіддачі від димових газів до обмурівки α1 = 23 Вт/(м2 ∙), коефіцієнт тепловіддачі від обмурівки до повітря α2=9,3 Вт/(м2∙оС) та коефіцієнт теплопровідності цегли λ= 0,7 Вт/(м∙).

Відповідь: q = 1122 Вт/м2.

**Задача** **14** Обмурівка печі виконана з шару вогнетривкої цегли ( товщина

δ1 = 250мм, коефіцієнт теплопровідності λ1 = 0,35 Вт/(м∙) та шару червоної цегли (товщина δ2 = 250мм, коефіцієнт теплопровідності λ2 = 0,7 Вт/(м∙).

Визначити втрати тепла q крізь обмурівку та температуру у площині контакту шарів, якщо температура газів у печі дорівнює 1300, температура повітря у приміщенні котельні 30, коефіцієнт тепловіддачі від газів до обмурівки α1 = 35 Вт/(м2 ∙), коефіцієнт тепловіддачі від обмурівки до навколишнього повітря α2 = 12 Вт/(м2 ∙).

Відповідь: q = 1071 Вт/м2 , t2 = 505.

**Задача** **15** Визначити втрату тепла з поверхні одного метра неізольованого трубопроводу гарячого водопостачання, якщо його діаметр 76мм, товщина стінки 3мм, коефіцієнт теплопровідності матеріалу труб 50 Вт/(м∙). Температура води 95, зовнішня температура 15. Коефіцієнт тепловіддачі від води до стінки труби 5000 Вт/(м2 ∙) і від труби до повітря 15 Вт/(м2 ∙).

Відповідь: = 308 Вт.

**Задача** **16** Визначити за умовами попередньої задачі, в скільки разів зменшиться втрата тепла, якщо трубопровід ізолювати шаром ізоляції товщиною 20мм. Коефіцієнт теплопровідності ізоляції 0,0975 Вт/(м∙).

Відповідь: = 120,3 Вт, тепловтрати зменшаться в 2,56 разів.

**Задача** **17** Паропровід внутрішнім діаметром 200мм має шар ізоляції товщиною 100мм. Товщина стінки паропроводу 6мм. Визначити температуру

на внутрішній поверхні паропроводу, якщо температура пари 250, температура зовнішнього повітря 30, коефіцієнт теплопровідності ізоляції 0,11 Вт/(м∙), коефіцієнт тепловіддачі від пари до труби 100 Вт/(м2 ∙) і від ізоляції до зовнішнього повітря 9,5 Вт/(м2 ∙). Визначити також лінійну щільність теплового потоку. Термічним опором стінки труби знехтувати.

Відповідь: = 208 Вт/м, t1 = 247.

**Задача** **18** Теплоносієм з температурою на вході 300, а на виході - 200 нагрівається нафта від 25 до 175. Визначити середньоарифметичні та логарифмічні температурні напори між теплоносієм та нафтою у теплообміннику для прямо току та протитоку.

Відповідь: прямоток ; протиток .

**Задача** **19** Суха насичена пара з тиском Па конденсується в теплообміннику на трубах, усередині яких рухається вода, що нагрівається від 20 до 70. Визначити середньо логарифмічний та середньоарифметичний температурні напори.

Відповідь: ; 115.

**Задача** **20** У теплообміннику гарячим мазутом нагрівається сира нафта від 20 до 160. При цьому мазут охолоджується від 280 до 190. Знайти середні температурні напори – арифметичний та логарифмічний у теплообміннику для прямо току та протитоку. У скільки разів при протитоку поверхня нагріву буде менша в порівнянні з прямотоком, якщо в обох випадках прийняти однакові коефіцієнти теплопередачі К та теплові потоки Q?

Відповідь: прямоток , протитечія , . У 1,4 рази.

**Задача** **21** У теплообміннику гарячим мазутом підігрівається сира нафта від 18 до 170. При цьому мазут охолоджується від 250 до 175. Знайти середні температурні напори арифметичний та логарифмічний у теплообміннику для прямотоку та протитоку. На скільки відсотків зменшиться поверхня теплообміну при однакових К та Q, якщо у разі протитечії використовувати замість ?

Відповідь: прямоток , протитечія , . На 10.

**Задача** **22** Потрібно охолодити рідину від 120 до 50. Для чого використовується вода з температурою 10? Кінцева температура води – 24. Визначити необхідну поверхню охолодження при прямото ці, якщо коефіцієнт теплопередачі - 1000, а тепловий потік, що передається, становить 14 кВт.

**Задача** **23** За умовою задачі 22 визначити необхідну поверхню охолодження для випадку протитоку.

**Задача** **24** Визначити поверхню нагріву водяного економайзера, в якому теплоносії рухаються за протиточною схемою, якщо відомі наступні величини для газів =420, , ; для води 105 ( - задані на вході у теплообмінник), , , кількість тепла, що передається, , коефіцієнт теплопередачі від газів до води – .

**Задача** **25** Мережевий підігрівач теплофікаційної установки ТЕЦ мусить підігрівати рідину у кількості від до парою Р, МПа. Визначити необхідну теплову паропродуктивність підігрівача та температурний опір. Дані взяти з табл. 2.1.

Таблиця 2.1. – Дані до завдання 25

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Варіанти | Витрата води | Температура води | | Тиск |
|  | t1 , | t2 , | Р, МПа |
| 1 | 1040 | 70 | 110 | 0,245 |
| 2 | 1005 | 70 | 150 | 0,3 |
| 3 | 995 | 70 | 140 | 0,315 |
| 4 | 1100 | 70 | 130 | 0,2 |
| 5 | 800 | 70 | 120 | 0,21 |
| 6 | 750 | 70 | 110 | 0,24 |
| 7 | 600 | 70 | 116 | 0,29 |
| 8 | 900 | 70 | 145 | 0,27 |
| 9 | 890 | 70 | 135 | 0,28 |
| 10 | 1039 | 70 | 125 | 0,25 |

**Приклад до завдання 25**

Мережевий підігрівач теплофікаційної установки ТЕЦ повинен підігрівати рідину у кількості 288 від до парою

. Визначити необхідну теплову потужність підігрівача та температурний опір.

Розв’язання:

Необхідна теплова потужність підігрівача:

Температурний опір:

.

**Задача 26** Обрати типорозмір опалювального секційного рідинно-рідинного підігрівача (ОСТ 34-588-68), а також визначити швидкість рідини у трубах та у міжтрубному просторі.

Потужність підігрівача ; температура мережевої рідини на вході у підігрівача та на виході ,; температура нагріваємої рідини на вході у підігрівач та при вході . При розрахунку швидкість нагріваємої рідини (у між трубному просторі) прийняти .

Дані взяти з табл. 2.2.

Таблиця 2.2. – Дані до завдання 26

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Варіанти | Потужність підігрівача Q,  МВт | Температури | | | |
| мережевої рідини | | нагріваємої рідини | |
| на виході | на виході | на виході | на виході |
| 1 | 2,326 | 150 | 80 | 70 | 95 |
| 2 | 2,1 | 140 | 90 | 70 | 95 |
| 3 | 3,326 | 130 | 75 | 70 | 95 |
| 4 | 5,546 | 150 | 80 | 70 | 95 |
| 5 | 1,433 | 140 | 85 | 70 | 95 |
| 6 | 1,95 | 130 | 90 | 70 | 95 |
| 7 | 4,168 | 150 | 75 | 70 | 95 |
| 8 | 2,74 | 140 | 80 | 70 | 95 |
| 9 | 4,781 | 130 | 85 | 70 | 95 |
| 10 | 5,067 | 150 | 90 | 70 | 95 |
| 11 | 2,415 | 140 | 75 | 70 | 95 |
| 12 | 3,819 | 130 | 80 | 70 | 95 |
| 13 | 4,092 | 150 | 85 | 70 | 95 |
| 14 | 2,955 | 140 | 90 | 70 | 95 |
| 15 | 3,0896 | 130 | 75 | 70 | 95 |

Продовження таблиці 2.2.

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 16 | 3,725 | 150 | 80 | 70 | 95 |
| 17 | 2,89 | 140 | 80 | 70 | 95 |

**Приклад до завдання 26**

Обрати потужність опалювального секційно-рідинно-рідинного підігрівача, а також визначити швидкість рідини у трубах та у між трубному просторі.

Потужність підігрівача , температура мережевої рідини на вході у підігрівач , на виході , температура нагріваємої рідини на вході у підігрівач , а на виході .

Розв’язання:

Витрати мережевої рідини (у трубках) та нагріваємої (у між трубному просторі) рідини (при ):

Перехід від вагової витрати до об’ємної здійснюється за формулою:

Об’ємна витрата рідини у міжтрубному просторі:

За додатком 1 [1] підбираємо підігрівач (ОСТ 34-588-69) з зовнішнім діаметром корпусу 273 мм, числом латунних трубок (діаметром ) – площиною поперечного перерізу міжтрубного простору .

Швидкість рідини у трубах та у міжтрубному просторі:

**3. ВИЗНАЧЕННЯ ФІЗИКО-ХІМІЧНИХ ТА ТЕПЛОФІЗИЧНИХ**

**ВЛАСТИВОСТЕЙ ПРИРОДНОГО ГАЗУ**

Газ, як природне паливо, широко використовується у системах теплогазопостачання. Тому ознайомлення з основними показниками, що характеризують фізико-хімічні та теплофізичні властивості природного газу дуже важливе.

**3.1 Визначення молекулярної ваги газової суміші**

Молекулярну вагу визначають за формулою :

(3.1.1)

де -молекулярна вага i-го компоненту (див. дод.2);

–об'ємна концентрація i-го компоненту (див. дод.3).

**3.2 Визначення густини сухого газу**

Густину сухих газів за нормальних або стандартних умов розраховують за відомим компонентним складом суміші: при відомій молярній (об'ємної) концентрації компонентів суміші:

(3.2.1)

при відомій масовій частці компонентів суміші:

(3.2.2)

де , – відповідно молярна (об'ємна) концентрація і масова частка компоненту суміші

– густина компоненту за нормальних або стандартних умов.

Масову частку визначають за формулою:

(3.2.3)

Значення густини газу за нормальних умов (0, 760 мм. рт. ст.) використовується в технічних розрахунках, за стандартних умов (20, 760 мм. рт. ст.) – в розрахунках витрати газу на госпрозрахункових замірних пунктах.

Густину сухого газового полотна при робочих параметрах в газопроводі визначають за рівнянням

(3.2.4)

де – густина газу за нормальними умовами, ;

- абсолютний тиск газу, ;

- абсолютна температура газу, К;

- коефіцієнт стисливості газу.

Відносну густину газу за повітрям встановлюють по формулі:

,

де - густина газу за нормальними умовами, ;

- густина повітря за нормальними умовами, ;

= 1,2929 .

**3.3 Визначення густини вологого газу**

Густину вологого газу, , при робочих Р і Т розраховують за рівнянням:

(3.3.1)

де - густина сухого газу за стандартними умовами, ;

- відносна вологість газу в частках;

– тиск і густина водяної пари в насиченому стані.

**3.4 Визначення масової ізобарної і ізохорної теплоємності газу,**

Ізобарну (масову) теплоємність визначають за формулою:

(3.4.1)

Ізохорну (масову) теплоємність за формулою:

(3.4.2)

де , - відповідно ізобарна і ізохорна теплоємності компонентів газової суміші;

- масова частка компоненту.

**3.5 Визначення показника адіабати**

Показник адіабати залежить від складу, тиску і температури газу. Показник адіабати приблизно може бути визначений за формулою:

(3.5.1)

**3.6 Визначення теплоти згорання газу**

Теплота згорання:

(3.6.1)

де – теплота згорання компоненту.

Відношення теплоти згорання (вищої або нижчої) газоподібного палива до його відносної густини називається числом Воббе (W):

(3.6.2)

**3.7. Розрахунок меж запалювання горючого газу**

Газоповітряні суміші запалають при певних концентраціях горючих газів в газоповітряній суміші. Із зменшенням або збільшенням змісту горючих газів горіння припиняється.

Мінімальний вміст горючого газу в газоповітряній суміші, при якому ще розповсюджується полум'я, називається нижньою межею запалювання горючого газу.

Максимальний вміст горючого газу в газоповітряній суміші, при якому ще розповсюджується полум'я, називається верхньою межею горючого газу.

Межі запалювання визначають за формулою:

, (3.7.1)

де – нижня або верхня межі займистості,;

- об'ємні частки компонентів, ;

- межі запалювання компонентів, .

Значення меж запалювання компонентів приведені в таблиці 3.2.

**Приклад розрахунку фізико-хімічних і теплофізічних властивостей природного газу**

Середній компонентний склад газу, :

Физико-хімічні властивості компонентів газу приведені в додатку 2.

1. Молекулярну вагу природного газу розраховують за формулою (3.1.1):
2. Густину сухого газу за нормальних або стандартних умов обчислюють згідно (3.2.1).

Густина газу за нормальними умовами (0 , 760 мм. рт. ст.):

Густину газу за нормальних умов можна також визначити за формулою:

.

Густина газу за стандартними умовами (20 , 760 мм. рт. ст.):

Відносна густина газу:

.

1. Розрахункова температура газу:
2. Густину сухого газу при робочих параметрах (наприклад надмірному тиску газу і температурі газу 30 ) розраховують за формулою (3.2.4):

.

Густину вологого газу при робочих параметрах (надмірному тиску , температурі 30 , відносної вологості ) визначають за формулою (3.3.1):

.

1. Масову ізобарну та ізохорну теплоємність газу визначають згідно п.3.4.

Ізобарну (масову) теплоємність розраховують за формулою(3.4.1):

Ізохорну (масову) теплоємність визначають за формулою (3.4.2):

*.*

1. Показник адіабати встановлюють згідно п.3.5. за формулою (3.5.1):
2. Теплоту згорання газу визначають згідно п.3.6. за формулою (3.6.1)

*.*

Число Воббе (3.6.2):

.

1. Межі запалювання встановлюють за формулою (3.7.1):

* нижня межа запалювання:

* верхня межа запалювання:

**4. ТЕПЛОВІ ПОТОКИ**

**4.1. Класифікація теплових потоків**

Теплові мережі здійснюють подавання та розподіл теплоти, яка вироблена на різних джерелах теплоти, споживачам.

Теплові потоки можна розбити на дві групи за характером їх дії за часом сезонні теплові потоки та цілорічні теплові потоки.

До сезонних теплових потоків відносяться тепловий потік на опалення, тепловий потік на вентиляцію та тепловий потік на кондиціювання повітря.

Зміни сезонного теплового потоку залежать від кліматичних умов, а саме: температури зовнішнього повітря, напрямок та швидкість вітру, сонячне випромінювання, вологість повітря і т.п. Виходячи з усіх цих умов, основна залежність йде від температури зовнішнього повітря. Сезонні теплові потоки мають порівняльне постійний добовий графік та змінний річний графік.

Цілорічні теплові потоки: тепловий потік на гаряче водопостачання та тепловий потік на технологічні потреби (хоча характер деяких технологій може мати сезонний характер і прикладом може бути переробка сільськогосподарської продукції). Ці два теплові потоки майже не залежать від зміни температури зовнішнього повітря на протязі року.

Тепловий потік на технологічні потреби залежить від профілю виробництва та режиму праці підприємства.

Тепловий потік на гаряче водопостачання залежить від благоустрою житлових та громадських будинків, складу та кількості населення, характеру організації робочого дня та режиму праці служб комунального господарства.

На відміну від сезонних теплових потоків, цілорічні теплові потоки мають змінний добовий графік. Річний графік теплових потоків на гаряче водопостачання та технологічні потреби залежить від пори року. Теплові потоки на гаряче водопостачання влітку звичайно нижче зимових через більш високу температуру холодної водопровідної води (влітку в неопалювальний період – =+15, взимку в опалювальний період – = +5).

В залежності від кожної конкретної ситуації (проектування нового об’єкту чи реконструкція старого) та наявності певної інформації для розрахунків, підрахунок теплових потоків може бути здійснений різними методами.

**4.2. Опалювальний період. Опалювальний сезон. Розрахункові**

**температури повітря**

Для підтримки параметрів внутрішнього повітря у приміщеннях будинку, не зважаючи на коливання температур зовнішнього повітря, у кліматичних умовах нашої країни необхідно подавати теплоту для праці внутрішніх систем опалення та вентиляції на протязі значної частини року, яка називається опалювальним періодом.

Чинні будівельні норми визначають тривалість опалювального періоду, виходячи з кількості днів з стійкою середньодобовою температурою +8 та нижче (згідно багаторічним даним). Цю температуру зовнішнього повітря (п.9.7 [2]) вважають початком та кінцем опалювального періоду.

Але ці дані можуть бути використані лише для орієнтовних розрахунків тому, що в дійсності тривалість опалювального сезону може відрізнятися від тривалості опалювального періоду.

Якщо б не мали місце внутрішні тепловиділення, тоді для підтримки у приміщені внутрішньої температури їх необхідно було б опалювати, як тільки зовнішня температура знижувалась нижче розрахункової внутрішньої температури. Для прикладу, опалення житлових будинків необхідно було б функціонувати на протязі всього періоду року, коли температура зовнішнього повітря була б нижча +18. Однак, виходячи з досвіду експлуатації, такий підхід до тривалості опалювального періоду зайвий, так як мають місце внутрішні тепловиділення. Завдяки цьому опалювальні системи включають у житлових будинках не при = +18оС, а при від +12оС до +15оС. Практично включення в роботу опалювальних систем здійснюється при ще нижчих температурах і це можливо завдяки акумулюючим здатностям будинків.

У літній період року будинки прогріваються до температур, більш високих, ніж розрахункові температури внутрішнього повітря приміщень. І коли починається зниження зовнішніх температур, то це не зразу викликає зниження внутрішніх температур повітря у приміщеннях нижче розрахункової. Восени в неопалювальному будинку здійснюється тривале остигання огороджувальних конструкцій будинку до тих пір, поки починається помітне зниження внутрішньої температури у приміщеннях нижче розрахункового значення . Весною ми спостерігаємо інший процес, коли зупиняються системи опалення при температурах зовнішнього повітря нижче ніж розрахункова температура внутрішнього повітря. В цей період остигання будинку здійснюється набагато швидше ніж восени тому, що відсутні надлишки тепла у огороджувальних конструкціях будинку. Але в цей період року, у зв’язку з процесом підвищення температури зовнішнього повітря, гальмується швидке остигання будинку. Однак, виходячи з спостереження експлуатуючих організацій, якщо залишати житлові та громадські будинки довгий час без опалення при температурі зовнішнього повітря нижче +10оС...12оС, то це призводить до дуже помітних знижень внутрішньої температури у приміщеннях та тягне за собою ріст застудних захворювань населення.

Початок та кінець опалювального сезону для будинків промислових підприємств можуть бути визначені зовнішньою температурою, при якій втрати теплоти через огороджувальні конструкції будуть рівні внутрішнім тепловиділенням.

Значні тепловиділення у промислових спорудах дозволяють у багатьох випадках скоротити опалювальний сезон, порівнюючи з житловими та громадськими будинками.

Таким чином поняття опалювального періоду є дуже умовним. В залежності від конкретних метеорологічних умов на протязі весняно-осіннього періоду, опадів, хмарності, сили вітру і т. д. з’являється необхідність зміни строків початку та кінця опалювального сезону на 1-2 тижні, а іноді і більше.

Опалювальний сезон починається тоді, коли середньодобова температура зовнішнього повітря знижується нижче +8оС і тримається на протязі трьох діб, а закінчується, коли середньодобова температура зовнішнього повітря підвищується вище +8оС та тримається три доби. Але опалювальний сезон може початися, якщо тривало установлюється і більш висока середньодобова температура, наприклад +10оС на протязі тижня.

У додатку 4 наведені дані про тривалість опалювального періоду для різних міст України та тривалість стояння різних зовнішніх температур за опалювальний період. Ці данні необхідні для орієнтовного розрахунку та побудови графіків зміни теплових потоків (теплових навантажень).

Для раціонального та економного використання палива на джерелах теплопостачання важливе значення має вибір початку та закінчення опалювального сезону. Місцеві органи керівництва звичайно визначають початок та кінець опалювального сезону для кожного населеного пункту.

Необхідно підкреслити, що значення середньої температури холодної п’ятиденки зовнішнього повітря у додатку 4 взяті з норм [4] де наведені два варіанти з різною забезпеченістю 0,92 та 0,98. У цих нормах дано пояснення, що тільки за винятком особливо відповідальних об’єктів при проектуванні слід користуватися значеннями температури забезпеченістю 0,92.

Під час розрахунків теплових потоків на опалення та вентиляцію будинків різного призначення, які розташовані у тій чи іншій місцевості, значення температури зовнішнього повітря для холодного періоду року слід приймати рівними параметру Б (див. додаток 4).

Під час розрахунків теплових потоків будинків сільськогосподарського призначення, якщо вони не встановлені будівельними чи технологічними нормами, слід приймати температуру зовнішнього повітря рівною: параметру А – для систем вентиляції; параметру Б – для систем опалення.

У додатку 4 використовується термін градусо-діб (S), що визначається за формулою:

(4.2.1)

де – тривалість опалювального періоду;

– температура повітря у приміщені, оС;

– середня температура опалювального періоду, оС (див. додаток 4).

Кількість градусо-діб опалювального періоду у додатку 4 наводиться для приміщень з температурою +18оС. Для приміщень з іншою температурою слід приймати коефіцієнт .

**4.3 Сезонні теплові потоки**

Системи опалення, вентиляції та кондиціювання повітря необхідні для того, щоб підтримувати у приміщеннях будинків необхідні нормативні комфортні умови для людей, які там знаходяться. Основними параметрами цих комфортних умов є температура внутрішнього повітря приміщень , його склад та відносна вологість.

Розрахункова температура повітря у приміщеннях визначається за призначенням того чи іншого приміщення, а іноді також кліматичним районом, до якого відноситься даний населений пункт.

Метеорологічні умови у приміщеннях будинку будь-якого призначення визначаються за нормами проектування для будинків різного призначення та нормами [3].

Під час розрахунків найчастіше використовується усереднена внутрішня температура для всіх опалювальних приміщень будинку тому, що різні приміщення одного будинку в залежності від їх призначення можуть мати різні внутрішні температури. Замість громіздкого метода усереднення частіше за розрахункову внутрішню температуру приймають розрахункову температуру для приміщень, які переважають у даному будинку.

Під час визначення теплових потоків групи будинків (мікрорайону) за розрахункову температуру приймають розрахункову температуру більшості будинків.

Для орієнтовних розрахунків житлових та громадських будинків можна скористатися додатком 5, а для промислових споруджень – додатком 5. Для виконання точного розрахунку данні метеорологічних умов у обслуговуючий та робочій зонах будинків різного призначення необхідно скористатися нормами з проектування цих будинків та додатком Д.5.

Норми [2] дозволяють приймати усереднену розрахункову температуру внутрішнього повітря опалювальних будинків житлових районів рівною +18оС, а для будинків промислових підприємств рівною +16оС.

**4.3.1 Визначення теплових потоків на опалення**

Тепловий потік на опалення складає основну частину теплового споживання основної кількості будинків, району, міста.

Для його визначення необхідно зробити аналіз балансу окремих приміщень чи будинку в цілому на протязі опалювального періоду.

Якщо у опалювальному приміщені необхідно підтримувати температуру більш високу ніж температура зовнішнього повітря, що є основною задачею системи опалення на протязі опалювального періоду, тоді для цього є потреба у притоці тепла до приміщення у кількості, яка дорівнює тепловим втратам цього приміщення у зовнішнє середовище. При припущені, що все приміщення, а точніше замкнуте у ньому повітря, будівельні конструкції, а також все, що знаходиться у приміщені (предмети, устаткування) вже були прогріті у всіх точках до температури, яка відповідає сталому стаціонарному тепловому режиму, при якому ці температури залишаються незмінними на протязі часу, якщо не змінюється температура зовнішнього повітря. Якщо такого режиму не досягнуто, то у тепловому балансі приміщення з’являються витрати тепла на розігрівання повітря та будівельних конструкцій , а також предметів, устаткування та матеріалів, які знаходяться у приміщені (Qроз).

Теплові втрати приміщення у зовнішнє середовище складаються з двох частин: втрати за рахунок теплопровідності будівельних огороджень, які відділяють це приміщення від зовнішнього середовища (Qa), та втрати за рахунок витікання із приміщення до зовнішнього середовища нагрітого повітря чи, навпаки, попадання до нього з зовні холодного повітря (інфільтрація) (Qв).

Приплив тепла до приміщення частіш всього також складається з двох частин: надходження теплоти від приладів систем опалення, вентиляції та кондиціонування (Qоп) та тепловиділення від людей, які знаходяться у приміщені, тепловіддача від освітлювальних приладів, інших електричних та газових приладів, різних машин та апаратів, які виділяють тепло, а в виробничих приміщеннях ще й тепловиділення різного роду апаратів, трубопроводів (Qт.в.).

Іноді необхідно враховувати ще й кількість теплоти, яка поступає через скло вікон за рахунок сонячної радіації ( інсоляція) (Qінс). Але це залежить від широти місцевості, хмарності, орієнтації вікон за сторонами світу та має змінний характер. Для найбільш холодних місяців опалювального періоду ці величина дуже незначна і можна навіть приймати її рівною нулю.

Тоді тепловий баланс приміщення чи будинку буде мати вигляд:

( 4.3.1)

Якщо тепловий режим усталений , тоді **=** 0 та рівняння теплового балансу буде мати вигляд:

( 4.3.2)

Усталеним тепловий режим можна назвати чисто умовно тому, що для цього повинні бути витримані три умови:

* незмінність припливу теплоти до приміщення у часі

;

* незмінність у часі температури зовнішнього середовища;
* закінчення процесу розігрівання огороджень приміщення, на що практично потребує набагато більші проміжки часу.

Практично можуть бути витримані тільки перша та третя умови, а друга умова реально витримати важко тому, що температура зовнішнього повітря постійно коливається (на протязі доби, на протязі сезону і т.д.).

В холодний період року у громадських, адміністративно-побутових та виробничих приміщеннях опалювальних будинків, коли вони не використовуються, та в неробочий час слід приймати температуру повітря нижче нормативної, але не нижче +5оС, забезпечуючи відновлення нормованої температури до початку використання приміщення чи до початку праці. Для цього використовується чергове опалення, яке базується на використанні основної опалювальної системи будинку. Чергове опалення не передбачається при розрахунковій температурі зовнішнього повітря для проектування опалення (параметр Б) вище –5оС.

**4.3.2. Визначення теплового потоку на опалення через загальну площу будинку**

У випадку відсутності паспорту та проекту теплові потоки визначають укрупнено за допомогою теплотехнічних показників будинків.

Одними з теплотехнічних показників будинків є: укрупнений показник максимального теплового потоку на опалення житлових будинків на 1м2 загальної площі та питомі теплові характеристики будинків на опалення та вентиляцію. Маючи перший теплотехнічний показник, тепловий потік можна підрахувати через загальну площу будинку, а якщо маємо другий, то необхідно використовувати об'єм будинку за зовнішніми обмірами.

При відсутності проектів будинків діючи норми [2] рекомендують визначати максимальний тепловий потік, Вт, на опалення житлового будинку за формулою:

(4.3.3)

де − укрупнений показник максимального теплового потоку на опалення житлового будинку на 1м2 загальної площі, приймається за додатком 6.1, Вт, чи за додатком 8.1;

А – загальна площа житлового будинку, м2.

Під загальною площею житлового будинку розуміють суму площ всіх житлових та допоміжних приміщень, враховуючи площу вбудованих шаф та коридорів у квартирі.

**Завдання 4.1**

Визначити тепловий потік на опалення n-поверхового житлового будинку за загальною площею будинку A (). Дані для розрахунку наведені у табл. 4.1.

Таблиця 4.1 – Дані до завдання 4.1

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| № варіанту | Місто розташування будинку | Кількість поверхонь будинку n | Загальна площа будинку A, |
| 1 | 2 | 3 | 4 |
| 1 | Сімферополь | 9 | 864 |
| 2 | Тернопіль | 16 | 1256 |
| 3 | Суми | 1 | 108 |
| 4 | Вінниця | 3 | 250 |
| 5 | Дніпропетровськ | 5 | 513 |
| 6 | Донецьк | 10 | 1050 |
| 7 | Житомир | 16 | 1113 |
| 8 | Запоріжжя | 4 | 405 |
| 9 | Івано-Франківськ | 1 | 107 |
| 10 | Ізмаїл | 10 | 1263 |
| 11 | Київ | 9 | 786 |
| 12 | Кіровоград | 3 | 200 |
| 13 | Луганськ | 5 | 725 |
| 14 | Луцьк | 7 | 910 |
| 15 | Львів | 9 | 795 |
| 16 | Миколаїв | 1 | 130 |
| 17 | Одеса | 2 | 120 |
| 18 | Полтава | 5 | 699 |
| 19 | Рівне | 10 | 1455 |
| 20 | Ужгород | 7 | 935 |
| 21 | Харків | 16 | 1351 |
| 22 | Ялта | 3 | 300 |
| 23 | Черкаси | 4 | 375 |
| 24 | Чернігів | 2 | 200 |
| 25 | Київ | 16 | 1250 |

**4.3.3. Визначення теплового потоку на опалення через об’єм будинку за зовнішніми обмірами**

Для визначення теплового потоку на опалення через об’єм будинку користуються теплотехнічним показником – питома теплова характеристика на опалення. Цей показник отримали шляхом аналізу результатів точних розрахунків теплових потоків на опалення різних за призначенням будинків.

Оскільки тепловий потік на опалення без врахування внутрішніх тепловиділень приблизно пропорційні різниці температур зовнішнього повітря та повітря у приміщені (), за укрупнений показник на 1м3 зовнішнього об’єму будинку приймається вираз:

(4.3.4)

Величина , Вт/(м3оС), називається питомою тепловою характеристикою на опалення будинку, та представляє собою питомі витрати тепла на 1м3 будинку за зовнішніми обмірами на 1оС різниці між середньою розрахунковою температурою повітря у опалювальних приміщеннях та розрахунковою температурою зовнішнього повітря для проектування системи опалення.

Максимальний тепловий потік на опалення тоді слід приймати за формулою, Вт:

(4.3.5)

де qо – питома теплова характеристика на опалення будинку, Вт/(м3 оС), визначається в залежності від призначення будинку та його об’ємом за додатком 7;

V – об’єм будинку за зовнішніми обмірами, м3 ;

– середня температура внутрішнього повітря приміщень будинку, оС;

– розрахункова температура зовнішнього повітря для проектування опалення, оС;

– поправочний коефіцієнт, який враховує різні кліматичні зони та використовується коли розрахункова температура зовнішнього повітря відрізняється від –30оС (див. додаток 7).

Якщо відомо, що у будинку є приміщення, що не опалюються, то їх зовнішній об’єм необхідно відняти від будівельного об’єму будинку. При опалювальних підвалах їх об’єми додаються до об’єму будинку з поправочним коефіцієнтом 0,6.

Питома теплова характеристика будинку на опалення залежить від таких факторів:

* від конфігурації будинку в плані (теплова характеристика зменшується при приближені до одиниці відношення ширини будинку до його довжини, у будинків прямокутної форми найменше значення qо буде у випадку, якщо будинок має квадратну форму);
* від зовнішнього об’єму будинку (qо зменшується при збільшені об’єму при незмінній висоті будинку);
* від висоти будинку (qо зменшується при збільшені висоти при незмінній площі будинку за планом);
* від загальних коефіцієнтів теплопередачі огороджень будинку (qо збільшується при рості цих коефіцієнтів);
* від відносного коефіцієнта наявності вікон (qо збільшується при збільшені цього коефіцієнта).

Великим діапазоном значень питомих теплових характеристик, порівнюючи з житловими будинками, характеризуються громадські будівлі. Це тому, що вони значно залежать від їх призначення, а особливо за рахунок різної кількості вікон, різних конфігурацій за планом і т.п.

**Завдання 4.2**

Визначити тепловий потік на опалення n-поверхового житлового будинкуза зовнішніми обмірами V (). Дані для розрахунку наведені у табл. 4.2.

Таблиця 4.2 – Дані до завдання 4.2

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Номер  варіанту | Місце  розташування  будинку | Зовнішні обміри будинку | | | |
| Розміри у плані, м | Висота поверху h, м | Кількість поверхів n | Об’єм будинку за зовнішніми обмірами V, |
| 1 | 2 |  |  |  |  |
| 1 | Севастополь |  |  | 9 | 3800 |
| 2 | Львів | 14,0×90,0 | 3,5 | 5 |  |
| 3 | Миколаїв |  |  | механічний цех | 9800 |
| 4 | Харків |  |  |  | 15000 |
| 5 | Ялта | 16,0×103,0 | 3,5 | 7 |  |
| 6 | Черкаси | 13,0×90,0 | 3,5 | 5 |  |
| 7 | Ізмаїл | 14,0×113,0 | 3,2 | 4 |  |
| 8 | Луцьк |  |  |  | 43000 |
| 9 | Тернопіль | 14,0×90,0 | 2,7 | 5 |  |
| 10 | Суми | 14,0×90,0 | 3,0 | 9 |  |

Продовження таблиці 4.2.

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 11 | Дніпропетровськ |  |  |  | 16500 |
| 12 | Луганськ | 14,0×23,00 | 3,3 | 7 |  |
| 13 | Вінниця | 21,0×85,0 | 3,3 | 9 |  |
| 14 | Київ |  |  |  | 35500 |
| 15 | Миколаїв |  |  |  | 24000 |
| 16 | Рівне |  |  |  | 31000 |
| 17 | Запоріжжя |  |  |  | 7600 |
| 18 | Чернігів |  |  |  | 9600 |
| 19 | Донецьк |  |  |  | 8900 |
| 20 | Івано-Франківськ |  |  |  | 2500 |
| 21 | Кіровоград |  |  |  | 6300 |
| 22 | Чернігів | 14,0×70,0 | 3,5 | 7 |  |
| 23 | Ужгород | 21,0×35,0 | 3,0 | 5 |  |
| 24 | Одеса |  |  |  | 5300 |
| 25 | Миколаїв | 16,0×103,0 | 3,5 | 7 |  |

**4.3.4. Визначення теплових потоків на вентиляцію**

Системи вентиляції призначені для підтримки у приміщеннях складу повітря, приємного для перебування людини. У приміщеннях виробничого призначення частіш всього крім того необхідна підтримка метеорологічних умов, від яких залежить якість продукції (наприклад, у поліграфічній, харчової, текстильної промисловості) чи видалення шкідливих виділень різних газів, пари, а також пилу, диму (наприклад, у хімічній, металургійній та шкіряної промисловості). Якість повітря, його склад підтримується шляхом обміну повітря, а саме видалення із приміщень забрудненого повітря та подавання у приміщення чи зовнішнього повітря, чи обробленого повітря, яке взяли з приміщення (системи з рециркуляцією повітря).

Повітрообмін з введенням зовнішнього повітря можна здійснити по різному. По-перше, у кожному приміщені здійснюється повітрообмін через нещільності огороджувальних конструкцій приміщення (частіше всього це вікна та двері) – це так звана інфільтрація. Другий шлях: повітрообмін здійснюється шляхом відкривання вікон, кватирок та зовнішніх дверей. Тоді величина повітрообміну залежить від тривалості провітрювання та ступені відкриття вікон, кватирок та дверей. Ці види повітрообміну відносяться до природної неорганізованої вентиляції приміщення. Для житлових помешкань цього виду повітрообміну звичайно достатньо та використовується саме він.

У громадських будівлях (де має місце скупчення великої кількості людей) та у виробничих приміщеннях природної вентиляції недостатньо і необхідно використовувати механічну. Механічна вентиляція може бути витяжною (коли забезпечується видалення повітря з приміщення) та припливною (коли здійснюється приплив зовнішнього повітря до приміщення). Повітря, яке припливає до приміщення із зовні , при відсутності його підігрівання має на протязі опалювального періоду температуру значно нижчу, ніж та, яка нормується ( див. додаток 5.1 та 5.2) та охолоджує його. Таке охолодження повітря може бути скомпенсоване додатковим подаванням теплоти від системи опалення, що повинно бути враховане при їх розрахунках (Qв). Якщо у приміщеннях має місце велика кількість виділення шкідливих речовин чи ставляться підвищені вимоги до складу повітря у цих приміщеннях, тоді потрібного ефекту не можна здобути використанням природного припливу та механічної витяжки. Тоді необхідно використовувати механічну припливну вентиляцію. Нормами [3] забороняється подавання механічними припливними установками зовнішнього повітря температурою нижче +5оС, тому що інакше порушуються комфортні умови для людей.

Це викликає необхідність підігрівання припливного повітря на протязі опалювального сезону. Повітря, до того як воно потрапило до приміщення, проходить калориферну установку. В залежності від застосованого в них теплоносія розрізняють електричні калорифери, парові та водяні калорифери.

За рахунок нагрітого повітря у опалювальних приміщеннях можна частково, а інколи і повністю, покрити його потреби у теплі. Таке об’єднання повітряного опалення та припливної вентиляції значно знижує капітальні витрати та спрощує експлуатацію систем.

Вплив всіх систем вентиляції, крім припливної з попереднім нагріванням повітря, яке подається до приміщення, на тепловий баланс приміщення виявляється в витіканні з приміщення нагрітого повітря та надходження замість нього такої ж кількості повітря при зовнішній температурі. Це повітря , потрапляючи до приміщення, змішується з внутрішнім повітрям приміщення, знижує його температуру. Для підтримки нормальної температури у приміщеннях необхідно додатково підводити тепло системою опалення. І тому теплові потоки на нагрівання вентиляційного повітря (Qв) необхідно враховувати в тепловому потоці на опалення.

Тому в цьому розділі розглянуто тільки підрахунок теплових потоків на нагрівання повітря механічними припливними вентиляційними системами.

Тепловий потік на вентиляцію виробничих та громадських будівель складає значну частину сумарного теплового потоку.

Тепловий потік на вентиляцію приймається на базі проектів місцевих систем вентиляції чи за типовими проектами будівель, а якщо мають місце діючи установки, то за їх експлуатаційними даними.

Орієнтовний розрахунок теплового потоку на вентиляцію, Вт, можна провести, використовуючи формулу:

(4.3.6)

де n – кратність вентиляційного обміну за 1/год;

– вентильований об’єм будівлі, м3;

– об’ємна теплоємкість повітря, яка дорівнює 1,2 кДж/(м3.оС);

– температура нагрітого повітря, яке подають до приміщення, оС;

– температура зовнішнього повітря, яке використовується для припливної вентиляційної системи, оС.

**Завдання 4.3**

Розрахувати тепловий потік на вентиляцію за формулою (4.3.6). Температура у приміщеннях становить . Дані для розрахунку наведені у табл. 4.3.

Таблиця 4.3 – Дані до завдання 4.3

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Номер  варіанту | Місце  розташування  будинку | Зовнішні обміри  будинку | | Кратність  повітро-  обміну n | Процент  вентильо  ваного  об’єму  будівлі |
| Площа А, | Висота h,  м |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| 1 | Кіровоград | 60 | 3,5 | 2 | 20 |
| 2 | Івано-Франківськ | 54 | 4,0 | 5 | 30 |
| 3 | Одеса | 36 | 3,0 | 1,5 | 23 |
| 4 | Ізмаїл | 120 | 2,7 | 3 | 50 |
| 5 | Суми | 890 | 2,7 | 2 | 60 |

Продовження таблиці 4.3.

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 6 | Тернопіль | 1200 | 3,0 | 1,5 | 70 |
| 7 | Харків | 750 | 3,0 | 4 | 80 |
| 8 | Київ | 1050 | 3,3 | 1,5 | 45 |
| 9 | Зміїв | 300 | 3,3 | 5 | 37 |
| 10 | Черкаси | 150 | 3,5 | 3 | 43 |
| 11 | Чернігів | 550 | 3,5 | 1,5 | 33 |
| 12 | Полтава | 400 | 4,0 | 4 | 55 |
| 13 | Донецьк | 710 | 2,7 | 1,5 | 33 |
| 14 | Миколаїв | 60 | 2,7 | 5 | 30 |
| 15 | Рівне | 54 | 2,7 | 2 | 50 |
| 16 | Запоріжжя | 36 | 3,0 | 5 | 40 |
| 17 | Ужгород | 75 | 3,0 | 1,5 | 60 |
| 18 | Кіровоград | 110 | 3,3 | 1,5 | 20 |
| 19 | Ялта | 89 | 3,5 | 2 | 80 |
| 20 | Луцьк | 76 | 3,5 | 4 | 70 |
| 21 | Севастополь | 150 | 4,0 | 5 | 40 |
| 22 | Сімферополь | 160 | 4,0 | 5 | 50 |
| 23 | Запоріжжя | 270 | 3,7 | 3 | 33 |
| 24 | Харків | 350 | 3,7 | 3 | 30 |
| 25 | Київ | 1000 | 4,0 | 1,5 | 20 |

**4.3.5. Визначення теплового потоку на вентиляцію через об’єм будинку за зовнішніми обмірами**

Аналогічно визначенню теплового потоку на опалення метод підрахунку залежить від інформації о системі вентиляції будівлі, о будівельній частині будівлі або інформації про будівлі району чи міста.

Аналогічно визначенню теплового потоку на опалення, тепловий потік на вентиляцію при відсутності вихідних даних можна користуватися спеціально розробленими укрупненими показниками, які отримали на основі аналізу результатів точних розрахунків теплових потоків будівель того чи іншого призначення.

Інколи кратність повітрообміну відносять не до внутрішнього об’єму вентильованого приміщення будівлі, а до його зовнішнього об’єму. Це принципово невірно тому, що в залежності від призначення будівлі та окремих його приміщень відношення внутрішнього об’єму вентильованих приміщень до зовнішнього об’єму будівлі може коливатися дуже у значних межах. Для житлових будівель це відношення інколи приймають рівним 0,5.

Дуже часто відома інформація саме про об’єм за зовнішніми обмірами і тому для зручності розрахунків формулу (4.3.6) можна привести до такого вигляду:

(4.3.7)

де – питома теплова характеристика на вентиляцію будівлі, а саме питомий тепловий потік на 1м3 вентильованої будівлі за зовнішніми обмірами та на 1оС різниці між середньою розрахунковою температурою повітря у приміщеннях будівлі та розрахунковою температурою зовнішнього повітря;

– зовнішній об’єм будівлі, м3;

– середня температура внутрішнього повітря у приміщеннях будівлі, оС.

Порівнюючи формули (4.3.6) та (4.3.7) та при tп = tв бачимо, що питома вентиляційна характеристика будівлі підраховується таким чином:

. (4.3.8)

Для орієнтовних розрахунків дані о питомих теплових характеристиках на вентиляцію громадських та виробничих будівель можна скористатися додатками 7.3 та 7.4.

Максимальний тепловий потік на вентиляцію будівлі, Вт, підраховується за формулою:

(4.3.9)

**Завдання 4.4**

Визначити максимальний тепловий потік на вентиляцію n-поверхового житлового будинку. Дані для розрахунку наведені у табл. 4.4.

**5. *J*-*d* ДІАГРАМА ВОЛОГОГО ПОВІТРЯ**

**5.1. Визначення на *J*-*d* діаграмі** **tр, tм, pns, pn і ϕ**

Для спрощення розрахунків процесів вологого повітря використовується графічний метод із застосуванням*J*-*d* діаграми вологого повітря. Ця діаграма є графічною залежністю між основними параметрами повітря *t*, ϕ, *J*, *d* і *Р*п при певному барометричному тиску повітря *Р*б.

Для знаходження параметрів стану повітря, наприклад яка характеризується точкою 1 на діаграмі (рис.5.1.1), необхідно провести через точку 1 вертикальну лінію 1-2 паралельно осі ординат до перетину з похилою віссю d і похилу лінію 1-3 паралельно осі абсцис d. Точки 1 та 3 визначають значення d та i в точці 1. Частина *J*-*d* діаграми нижче горизонтальної пунктирної лінії d, проведеної через початок координат, є неробочою частиною, тому похила вісь вологовмісту не викреслюється, а для поділу d на похилій осі абсцис проектують горизонтальну вісь d. Таким чином лінії d=const розташовані вертикально, паралельно осі ординат i, а лінії i=const розташовані похило, паралельно похилій осі абсцис d.

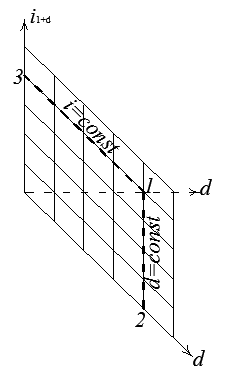


Рисунок 5.1.1

Температурою точки роси повітря називається температура насиченого повітря при постійному вологовмісту.

Для визначення температури точки роси на *J*-*d* діаграмі необхідно з точки, що відповідає заданому стану повітря (наприклад, на рис.5.1.2 точка 1) провести вертикаль до перетину з лінією (точка 2). Ізотерма , що проходить через цю точку, і буде температурою точки роси вологого повітря стану 1 .

Температура мокрого термометра є одним з важливих параметрів вологого повітря. Температурою мокрого термометра () повітря називається температура насиченого вологою повітря, одержана за умовою *і*=const.

Оскільки температура мокрого термометра практично дорівнює температурі адіабатного насичення повітря , можна на *J*-*d* діаграмі з точністю визначити температуру для заданого стану вологого повітря. Наприклад, для стану 1 на рис. 5.1.2. з точки 1 проводиться ізотерма до перетину з лінією . Ізотерма , що проходить через точку 3(1), є істинною температурою мокрого термометра для заданого стану 1 , а ізотерма через точку 3 - наближеною температурою мокрого термометра .

Якщо за свідченнями психрометра відомі температури мокрого і сухого термометрів в деякій точці простору, наприклад та , то на *J*-*d* діаграмі можна знайти точку, що відповідає стану повітря при цих температурах( у даному випадку це буде точка 1), і визначити величину відносної вологості .

Точка перетину ізотерми з лінією точка 4 характеризує стан насиченого вологого повітря при заданій температурі (пара - суха насичена, ). Якщо через цю точку провести вертикаль , то точка перетину цієї вертикалі з лінією (точка 5) вкаже величину парціального тиску насиченої пари у вологому насиченому повітрі при температурі . Якщо через точку 1 провести лінію постійного влаговмісту до перетину з лінією (точка 6), то буде отримано парціальний тиск пари у вологому насиченому повітрі при заданій відносній вологості . Значення може бути визначене з вираження:

(5.1.1)

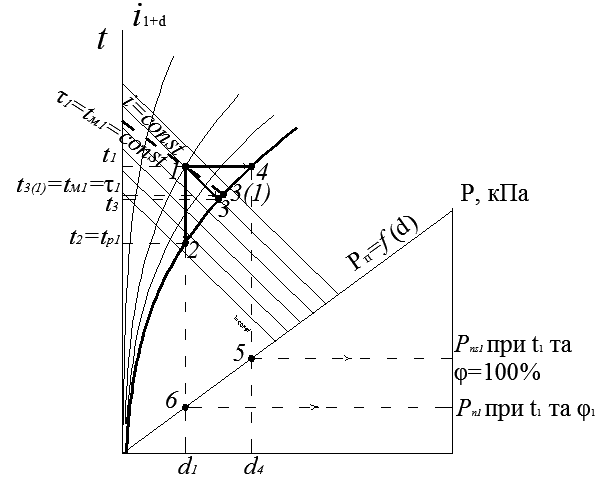


Рисунок 5.1.2

**5.2. Побудова на *J*-*d* діаграмі основних процесів зміни стану вологого повітря**

Якщо ненасичене вологе повітря з початковими параметрами , стан якого на *J*-*d* діаграмі (рис. 5.2.1) позначений точкою 1, нагрівати при , то збільшиться його температура і ентальпія.

Оскільки склад суміші при цьому не змінюється, то залишаються не змінними парціальні тиски і , абсолютна вологість і влаговміст . Оскільки з підвищенням температури вологого повітря збільшується, при незмінному відносна вологість повітря буде зменшуватись, оскільки .

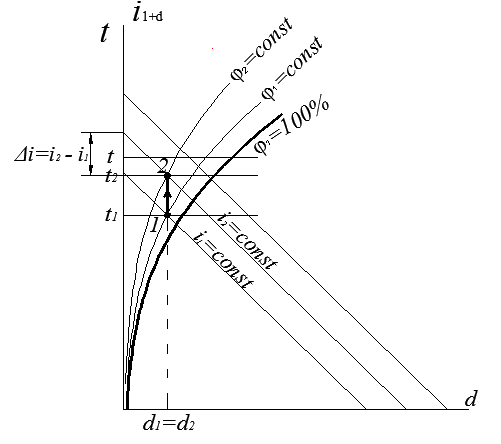


Рисунок 5.2.1

На *J*-*d* діаграмі цей процес підігрівання повітря зобразиться вертикальною лінією 1-1, де точка 2 характеризує стан повітря у кінці процесу, в якому вологе повітря має параметри ; при цьому .

Різниця ординат дорівнює кількості теплоти, витраченої на нагрів 1 кг сухого повітря або кг вологого повітря від . Якщо маса вологого повітря , де – маса сухого повітря, то для ізобарного нагрівання вологого повітря в процесі 1-2 необхідно підвести кількість теплоти, кДж:

(5.2.1)

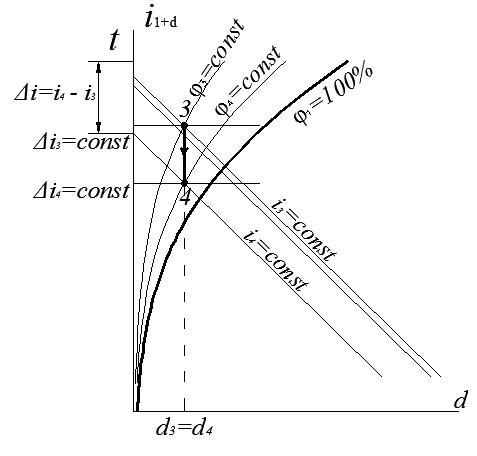


Рисунок 5.2.2

Якщо ненасичене вологе повітря стану в точці 3 (рис.5.2.2) охолоджувати при без додавання водяної пар, то його температура і ентальпія зменшуються, а відносна вологість збільшується. Процес охолодження також проходитиме при постійному влаговмісту і зобразиться на *J*-*d* діаграмі прямої 3-4. Якщо охолодження вологого повітря відбувається до температури , яка нижче температури точки роси , то спостерігається часткова конденсація водяної пари, що знаходиться у вологому повітрі. Постійність влаговмісту при охолодженні зберігатиметься до лінії (до точки 4(1)), в якій водяна пара стає сухою насиченою. При подальшому охолодженні вологого повітря почнеться конденсація пари, що міститься в нім (процес 4(1)-5), влаговміст при цьому зменшиться.

Різниця визначає кількість конденсованої вологи в процесі на 1 кг сухого повітря або на кг вологого повітря.

Якщо у вологому повітрі міститься кг сухого повітря, то загальна кількість конденсованої вологи, кг:

(5.2.2)

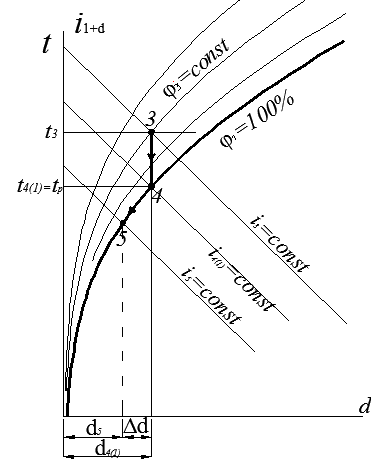


Рисунок 5.2.3

Ізобарно-ізоентальпійна зміна стан вологого повітря можно здійснити в адіабатній конвективній сушильній камері, при цьому вважаємо, що процеси являються ідеальними.

Якщо підігріте повітря з параметрами ( рис.5.2.4) направити в закриту камеру, в якій знаходиться який-небудь вологий матеріал, то за рахунок теплоти, що віддається нагрітим повітрям, станеться випаровування вологи з висушуваного матеріалу і зволоження повітря.

Якщо прийняти, що з водою, що знаходиться у вологому матеріалі, не вноситься в камеру додаткове тепло, то все тепло повітря, що витрачається на випаровування води з матеріалу, повернеться назад в повітря з випаруваною вологою, тобто - у вигляді ентальпії отриманої пари. Таким чином, в процесі сушки теоретично ентальпія вологого повітря не міняється(за відсутності тепловтрат), тобто процес відбувається при на *J*-*d* діаграмі (5.2.4) зображується прямою лінією 6-7. Різниця дорівнює кількості вологи, випаруваної в сушильній камері на кожний кілограм сухого повітря.

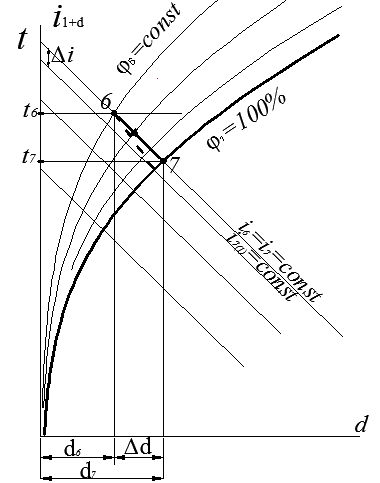


Рисунок 5.2.4

При тепловтратах в реальній сушильній камері спостерігається зменшення ентальпії повітря на (лінія 6-7(1) на рис. 5.2.4).

**Завдання 5.2.1.**

Зовнішнє повітря, барометричний тиск якого , температура , вологовміст , нагрівається до температури (табл. 5.2.1). Визначити відносну вологість зовнішнього та нагрітого повітря. Процес нагріву схематично зобразити на *J*-*d* діаграмі вологого повітря (див. додаток *Ж).*

Таблиця 5.2.1 – Дані до завдання 5.2.1

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Задана  величина | Номер варіанту | | | | | | | | | | | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |
|  | 10 | 15 | 20 | 25 | 30 | 35 | 40 | 11 | 16 | 21 | 26 | 31 |
| Задана  величина | Номер варіанту | | | | | | | | | | | |
| 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 |
|  | 36 | 41 | 12 | 17 | 22 | 27 | 32 | 37 | 42 | 13 | 18 | 23 |

Рішення. За таблицями насиченого водяного пару знаходимо при тиск насиченого пару

Парціальний тиск водяної пари (при заданому барометричному тиску повітря ) являється лише функцією вологовмісту:

Відносна вологість зовнішнього повітря:

В процесі нагріву вологовміст повітря залишається постійним, тому при даному барометричному тиску повітря парціальний тиск також не змінюється. За таблицями насиченого пару .

Відносна вологість нагрітого повітря:

.

Будуємо схематично процес на *J*-*d* діаграмі вологого повітря.

Відповідь: .

**ДОДАТОК А**

Таблиця А.1Фізико-хімічні властивості компонентів горючого газу

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Діаметр корпусу, | Кількість трубок | Площа поверхні нагріву однієї секції, | Площа прохідного живого перетину, | | Еквівалентний діаметр між трубного простору, мм | Опір однієї секції , | |
| всередині трубок | між трубками | трубок | міжтрубного простору |
| 57/50  76/69  89/82  114/106  168/156  219/207  273/259  325/309  377/359  426/408  530/514 | 4  7  12  19  37  64  109  151  216  283  450 | 0,75  1,31  2,24  3,54  6,90  12,0  20,3  28,0  40,1  52,5  83,4 | 0,00062  0,00108  0,00185  0,00293  0,00570  0,00985  0,0168  0,0233  0,0333  0,0436  0,0693 | 0,00116  0,00233  0,00287  0,0050  0,0122  0,0208  0,0308  0,0446  0,0578  0,0719  0,1154 | 13  16,4  13,4  15,5  20,7  25,8  19,6  20,8  19,3  18,6  - | 1 380 000  456 000  155 000  62 500  16 400  5 450  1 820  910  -  -  - | 820 000  336 000  134 000  44 200  7 400  2 860  1 170  520  -  -  - |

Таблиця А.2 Фізико-хімічні властивості компонентів горючого газу

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Газ | Молеку-лярна вага,  М | Густина  за повітрям  d | Густина газу, | | ,  0  760 мм.рт.ст | ,  0  760 мм.рт.ст | ,  0  760 мм.рт.ст | *,*  в суміші з повітрям,  0  760 мм.рт.ст. | Температура запалювання 20  760 мм.рт.ст. |
| 0  760 мм.рт.ст | 20  760 мм.рт.ст |
|  | 16,04 | 0,555 | 9,7168 | 0,6679 | 2,1671 | 1,6483 | 35825 | 5/15 | 650 |
|  | 30,07 | 1,049 | 1,3560 | 1,2630 | 1,6483 | 1,3718 | 63797 | 3,2/12,5 | 510 |
|  | 44,10 | 1,562 | 2,010 | 1,872 | 1,5507 | 1,3618 | 91321 | 2,4/9,5 | 500 |
|  | 58,12 | 2,091 | 2,703 | 2,5185 | 1,5930 | 1,4497 | 118736 | 1,8/8,4 | 475 |
|  | 72,15 | 2,674 | 3,457 | 3,221 | 1,5943 | 1,4687 | 146200 | 1,4/7,8 | 475 |
|  | 28,08 | 0,967 | 1,2503 | 1,1651 | 1,0226 | 0,7292 | - | - | - |
|  | 44,01 | 1,529 | 1,977 | 1,842 | 0,8173 | 0,6283 | - | - | - |
|  | 34,08 | 1,190 | 1,539 | 1,434 |  |  | 22239 |  | - |

Таблиця А.3 Склад природного газу

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Місценародження газу | Склад газу, за об’ємом | | | | | | | |
|  |  |  |  |  |  |  |  |
| 1. Шебелинське | 93,3 | 4,0 | 0,6 | 0,4 | 0,3 | 0,1 | 1,3 | - |
| 1. Уренгойське | 97,6 | 0,1 | 0,01 | - | - | 0,3 | 1,9 | - |
| 1. Заполярне | 98,5 | 0,2 | 0,05 | 0,01 | 0,001 | 0,5 | 0,7 | - |
| 1. Медвеже | 99,0 | 0,1 | 0,005 | - | - | 0,095 | 0,8 | - |
| 1. Пунгинське | 86,1 | 2,0 | 0,6 | 0,34 | 0,35 | 8,5 | 2,0 | - |
| 1. Оренбургське | 85,0 | 4,9 | 1,6 | 0,75 | 0,55 | 0,6 | 5,0 | 1,3 |
| 1. Вуктилське | 74,8 | 8,8 | 3,9 | 1,8 | 6,4 | - | 4,3 | - |
| 1. Степанівське | 95,1 | 2,3 | 0,7 | 0,4 | 0,8 | 0,2 | 0,5 | - |
| 1. Ленінградське | 86,9 | 6,0 | 1,6 | 1,0 | 0,5 | 1,2 | 2,8 | - |
| 1. Північно-Ставропольське | 98,7 | 0,33 | 0,12 | 0,04 | 0,01 | 0,1 | 0,7 | - |
| 1. Газлинське | 93,0 | 3,1 | 0,7 | 0,6 | - | 0,1 | 2,5 | - |
| 1. Карадагське | 93,2 | 2,1 | 1,2 | 1,0 | 1,2 | 0,8 | 0,5 | - |
| 1. Ачакське | 93,0 | 3,6 | 0,95 | 0,25 | 0,31 | 0,4 | 1,3 | - |
| 1. Тангенське | 89,4 | 6,0 | 2,0 | 0,7 | 0,4 | 1,0 | 0,5 | - |
| 1. Угерське | 98,3 | 0,45 | 0,25 | 0,3 | - | 0,1 | 0,6 | - |
| 1. Дашавське | 98,3 | 0,33 | 0,12 | 0,15 | - | 0,1 | 1,0 | - |
| 1. Березовське | 95,1 | 1,1 | 0,3 | 0,1 | - | 0,4 | 3,0 | - |
| 1. Котелевське | 83,7 | 9,27 | 3,07 | 1,1 | 0,49 | 1,76 | 1,62 | - |
| 1. Солоховське | 89,5 | 6,28 | 1,56 | 0,57 | 0,26 | 1,32 | 0,47 | - |

Продовження таблиці А.3

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Місценародження газу | Склад газу, за об’ємом | | | | | | | |
|  |  |  |  |  |  |  |  |
| 1. Опошнянське | 88,9 | 5,74 | 0,67 | 0,24 | 0,20 | 3,98 | 0,28 | - |
| 1. Тимофіївське | 84,2 | 6,89 | 2,54 | 0,89 | 0,38 | 1,71 | 3,39 | - |
| 1. Гадячське | 85,15 | 5,90 | 2,66 | 0,91 | 0,57 | 3,31 | 1,50 | - |
| 1. Машевське | 93,0 | 3,26 | 0,85 | 0,37 | 0,28 | 0,21 | 2,0 | - |
| 1. Распашновське | 93,5 | 3,28 | 0,7 | 0,28 | 0,22 | 0,19 | 1,8 | - |
| 1. Руденковське | 84,5 | 6,2 | 3,7 | 1,59 | 0,81 | 0,14 | 3,1 | - |
| 1. Зачепілівське | 91,2 | 4,86 | 1,3 | 0,56 | 0,39 | 0,2 | 1,54 | - |
| 1. Суходолівка | 88,7 | 5,2 | 2,24 | 0,83 | 0,6 | 0,48 | 2,0 | - |
| 1. Радченківське | 86,4 | 0,12 | 0,05 | 0,02 | 0,01 | 0,1 | 13,3 | - |
| 1. Вой-Вожське | 85,9 | 2,5 | 1,0 | 0,5 | 0,03 | 0,07 | 10 | - |
| 1. Ямбургське | 98,6 | 0,1 | - | - | - | 0,1 | 1,2 | - |
| 1. Бованенківське | 92,7 | 0,3 | 0,2 | 0,5 | 0,5 | 0,6 | 5,2 | - |
| 1. Борівське | 82,7 | 4,7 | 2,9 | 1,1 | 1,2 | 0,5 | 7,5 | - |
| 1. Вергунське | 84,2 | 3,6 | 1,2 | 0,46 | 0,26 | 1,0 | 9,1 | - |
| 1. Глебовське | 86,4 | 6,5 | 2,3 | 1,0 | 0,8 | 0,5 | 2,5 | - |
| 1. Глинсько-Розбишевське | 43,6 | 19 | 21,9 | 7,0 | 3,5 | 0,1 | 5,0 | - |
| 1. Гнединцевське | 78,3 | 11,5 | 4,5 | 1,7 | 0,9 | 1,0 | 2,1 | - |
| 1. Джанкойське | 95,9 | 0,7 | 0,2 | 0,03 | 0,01 | 0,1 | 3,0 | - |
| 1. Єфремовське | 91,9 | 3,4 | 0,75 | 0,26 | 0,08 | 0,45 | 2,8 | - |

Продовження таблиці А.3

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Місценародження газу | Склад газу, за об’ємом | | | | | | | |
|  |  |  |  |  |  |  |  |
| 1. Качановське | 86,5 | 6,0 | 3,6 | 1,7 | 1,2 | 0,6 | 5,8 | - |
| 1. Кегичевське | 93,0 | 3,3 | 1,4 | 0,25 | 0,18 | 0,6 | 1,3 | - |
| 1. Краснополянське | 89,3 | 5,5 | 1,0 | 0,8 | 0,58 | 0,3 | 2,6 | - |
| 1. Бориславський газобензиовий завод | 2,5 | 6,0 | 55 | 36,5 | - | - | - | - |
| 1. Гур’євський нафтопереробний завод | 1,0 | 1,5 | 93,5 | 4,0 | - | - | - | - |

**ДОДАТОК Б**

Таблиця Б.1 Розрахункові параметри зовнішнього повітря для міст України

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Місто | Розрахункова  географічна широта, град  с.ш. | Барометричний тиск,  ГПа | Період року | Параметри А | | | Параметри Б | | | Середня добова амплітуда темпе-ратури повітря,оС | Кіль-кість граду-со-діб опалю-валь-ного періоду |
| Температура,  оС | Питома ентальпія, КДж/кг | Швидкість вітру,  м/с | Температура,  оС | Питома ентальпія, КДж/кг | Швидкість вітру,  м/с |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |
| Бердян-ськ | 46 | 1010 | Теплий  Холодн | 25,9  -7 | 53,9  -2,5 | 1  1 | 30,5  -19 | 63  -17,6 | 1  1 | 12,5  - | 3024 |
| Вінниця | 48 | 970 | Теплий  Холодн | 23  -10 | 53,6  -6,7 | 2,8  7,1 | 27,3  -21 | 56,9  -19,7 | 2,8  5,2 | 11,9  - | 3610 |
| Джанкой | 46 | 1010 | Теплий  Холодн | 27,8  -5 | 58,9  0 | 1  1 | 32,4  -17 | 63  -15,5 | 1  1 | 14  - | 2640 |

Продовження таблиці Б.1

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |
| Дніпро-петров-ськ | 48 | 1010 | Теплий  Холодн | 26,5  -9 | 54  -5,4 | 1  7 | 31  -23 | 57,4  -22 | 1  5,7 | 11,3  - | 3325 |
| Донецьк | 49 | 1010 | Теплий  Холодн | 25,3  -10 | 54,7  -6,7 | 1  6,2 | 30,4  -23 | 53,9  -22,2 | 1  6,2 | 13,9  - | 3623 |
| Євпаторія | 45 | 1010 | Теплий  Холодн | 26,8  3 | 63  -2,7 | 4  7,1 | 31,4  -16 | 67  -14,2 | 4  7,1 | 8,4  - | 2324 |
| Житомир | 48 | 990 | Теплий  Холодн | 23,1  -9 | 50,5  -5,2 | 1  5,4 | 27,7  -22 | 54,7  -21 | 1  5,4 | 10,8  - | 3610 |
| Запоріж-жя | 48 | 1010 | Теплий  Холодн | 27,1  -8 | 55,7  -5,4 | 1  7,8 | 31,2  -22 | 58,6  -21,2 | 1  7,1 | 12,5  - | 3202 |
| Івано-Фран-ківськ | 48 | 970 | Теплий  Холодн | 22,8  -9 | 54,7  -5,4 | 1  5,8 | 27,4  -20 | 58,9  -18,9 | 1  5,8 | 11,2  - | 3330 |

Продовження таблиці Б.1

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |
| Ізмаїл | 44 | 1010 | Теплий  Холодн | 27,2  -5 | 58,6  0 | 1  1 | 31,8  -14 | 61,5  -11,7 | 1  7 | 11,8  - | 2812 |
| Керч | 44 | 1010 | Теплий  Холодн | 26  -4 | 60,7  1,3 | 4,1  10,2 | 30,3  -15 | 62,8  -13 | 4,1  9 | 11  - | 2174 |
| Київ | 51 | 990 | Теплий  Холодн | 23,7  -10 | 53,6  -6,7 | 1  5,3 | 28,7  -22 | 56,1  -20,7 | 1  4,2 | 10,8  - | 3572 |
| Кірово-град | 48 | 990 | Теплий  Холодн | 25,8  -5,4 | 55,3  -5,4 | 1  6,7 | 29,7  -22 | 57,4  -20,7 | 1  5,7 | 12,9  - | 3515 |
| Конотоп | 52 | 990 | Теплий  Холодн | 24  -11 | 52,3  -8 | 1  5 | 28  -24 | 55,7  -22,2 | 1  4,3 | 11,6  - | 3919 |
| Луганськ | 48 | 1010 | Теплий  Холодн | 27,4  -10 | 56,3  -6,7 | 1  6,7 | 31,8  -25 | 58,6  -24,3 | 1  5,2 | 13,9  - | 3528 |

Продовження таблиці Б.1

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |
| Луцьк | 52 | 970 | Теплий  Холодн | 22,6  -8 | 50,5  -4,2 | 1  6,3 | 27,2  -20 | 54,7  -18,9 | 1  6,3 | 10,3  - | 3403 |
| Львів | 48 | 970 | Теплий  Холодн | 22,1  -9 | 52,3  -2,5 | 1  7,1 | 26,4  -19 | 57,4  -17,6 | 1  5,1 | 10,6  - | 3474 |
| Люба-шевка | 49 | 990 | Теплий  Холодн | 25,4  -9 | 54,7  -5 | 1  1 | 30  -20 | 58,9  -18,9 | 1  1 | 11,1  - | 3311 |
| Маріу-поль | 48 | 1010 | Теплий  Холодн | 26,6  -9 | 57,8  -5,4 | 3,6  12 | 31,8  -23 | 60,7  -22,2 | 3,6  8 | 11,4  - | 3253 |
| Микола-їв | 48 | 1010 | Теплий  Холодн | 27,9  -7 | 58,2  -2,9 | 3,2  11 | 31  -20 | 62  -18,6 | 3,3  10 | 12,5  - | 2904 |
| Одеса | 48 | 1010 | Теплий  Холодн | 25  -6 | 59  -1,3 | 3,3  12 | 28,6  -18 | 62  -18,3 | 3,3  11 | 8,8  - | 2805 |

Продовження таблиці Б.1

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |
| Полтава | 48 | 990 | Теплий  Холодн | 25,4  -11 | 53,6  -8 | 4,4  6,8 | 29,4  -23 | 56,5  -21,9 | 4,4  6,2 | 11,5  - | 3721 |
| Рівно | 52 | 970 | Теплий  Холодн | 22,6  -9 | 51,5  -5,4 | 1  6,8 | 25,1  -21 | 55,3  -19,7 | 1  5,1 | 10,7  - | 3555 |
| Севас-тополь | 44 | 1010 | Теплий  Холодн | 25  0 | 60,7  -7,1 | 2,3  10,2 | 29,4  -11 | 64,5  -8,4 | 2,3  9 | 8,5  - | 2015 |
| Сімфе-рополь | 44 | 970 | Теплий  Холодн | 26,1  -4 | 59,5  -7,1 | 1  1,3 | 31,8  -15 | 63,2  -14 | 1  8 | 14  - | 2544 |
| Слов’ян-ськ | 48 | 990 | Теплий  Холодн | 27,1  -10 | 54,4  -6,7 | 1  6,8 | 31,2  -23 | 58,2  -24,3 | 1  5,2 | 13,2  - | 3585 |
| Суми | 52 | 990 | Теплий  Холодн | 23,6  -12 | 50,5  -9,2 | 1  5,9 | 28,2  -24 | 54,3  -23,7 | 1  5,9 | 10,7 | 3997 |

Продовження таблиці Б.1

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |
| Терно-піль | 48 | 970 | Теплий  Холодн | 22,1  -9 | 52,8  -5 | 1  7,1 | 26,8  -21 | 57,4  -19,7 | 1  5,1 | 11,8  - | 3515 |
| Ужгород | 48 | 990 | Теплий  Холодн | 24,2  -9 | 54,4  -1,3 | 1  6 | 28,1  -18 | 58,6  -16,3 | 1  5,7 | 12,7  - | 2657 |
| Умань | 48 | 990 | Теплий  Холодн | 24,1  -9 | 53,6  -5 | 1  7,1 | 28,7  -22 | 57.8  -19,7 | 1  5,7 | 12,7  - | 3572 |
| Феодосія | 45 | 1010 | Теплий  Холодн | 26,3  -2 | 63  1,3 | 1  6 | 30,9  -15 | 67  -1,3 | 1  6 | 8,2  - | 2174 |
| Харків | 50 | 990 | Теплий  Холодн | 25,1  -11 | 52,8  -8 | 1  6,7 | 29,4  -23 | 56,1  -22,2 | 1  6,1 | 11,6  - | 3799 |
| Херсон | 48 | 1010 | Теплий  Холодн | 29  -7 | 57,8  -2,9 | 1  9,9 | 30,6  -19 | 61,5  -17,8 | 1  8 | 12,7  - | 2906 |

Продовження таблиці Б.1

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |
| Хмель-ницький | 48 | 970 | Теплий  Холодн | 22,9  -9 | 54,7  -5,2 | 1  5,7 | 27,5  -21 | 53,9  -20,1 | 1  5,7 | 10,9  - | 3553 |
| Черкаси | 50 | 990 | Теплий  Холодн | 24,5  -9 | 54,7  -5,2 | 1  1 | 29,1  -22 | 58,9  -21 | 1  1 | 11,2  - | 3591 |
| Чернігів | 52 | 990 | Теплий  Холодн | 23,2  -10 | 51,5  -6,7 | 1  4,2 | 27,8  -23 | 54,4  -21,9 | 1  3,8 | 11  - | 3767 |
| Чернівці | 48 | 970 | Теплий  Холодн | 23,8  -9 | 54,7  -5,4 | 1  5,4 | 28,4  -20 | 58,9  -18,9 | 1  5,4 | 10,5  - | 3228 |
| Ялта | 44 | 1010 | Теплий  Холодн | 26,3  -1 | 61,1  8 | 1  9 | 30,5  6 | 64,5  -2,5 | 1  8,7 | 8,4  - | 1613 |

Таблиця Б.2 Кліматологічні дані міст України

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Місто | Середня температура опалюваль-ного періоду,  оС | Тривалість опалювального періоду,  доба | Повторюваність температур зовнішнього повітря, год,  в інтервалах температур, оС | | | | | | | | | |
| -34,9 ÷ -30 | -29,9 ÷ -25 | -24,9 ÷ -20 | -19,9 ÷-15 | -14,9 ÷ -10 | -9,9÷ -5 | -4,9÷ 0 | 0,1÷ +5 | +5,1÷ +8 | Всього  годин |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 |
| Бердянськ | 0,0 | 168 | - | 9 | 35 | 122 | 226 | 439 | 1107 | 1452 | 642 | 4032 |
| Вінниця | -1,1 | 189 | 1 | 10 | 39 | 126 | 320 | 642 | 1225 | 1493 | 680 | 4536 |
| Джанкой | 1,5 | 160 | - | - | - | - | 7 | 78 | 457 | 1782 | 1516 | 3840 |
| Дніпро-петровськ | -1,0 | 175 | - | 9 | 37 | 127 | 235 | 457 | 1152 | 1514 | 669 | 4200 |
| Донецьк | -1,8 | 183 | - | 10 | 44 | 183 | 398 | 730 | 1141 | 1216 | 670 | 4392 |
| Євпаторія | 2,4 | 149 | - | - | - | - | 6 | 73 | 426 | 1660 | 1411 | 3576 |
| Житомир | -0,8 | 192 | - | 5 | 22 | 103 | 309 | 616 | 1237 | 1554 | 762 | 4608 |
| Запоріжжя | -0,4 | 174 | - | 9 | 37 | 127 | 235 | 457 | 1152 | 1514 | 669 | 4200 |
| Івано- Франківськ | -0,1 | 184 | - | 10 | 39 | 134 | 247 | 481 | 1212 | 1591 | 702 | 4416 |
| Ізмаїл | 1,7 | 153 | - | - | 3 | 14 | 85 | 331 | 818 | 1321 | 1100 | 3672 |
| Керч | 2,2 | 153 | - | - | 2 | 10 | 77 | 284 | 866 | 1400 | 1033 | 3672 |

Продовження таблиці Б.2

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 |
| Київ | -1,1 | 187 | 1 | 4 | 31 | 130 | 336 | 627 | 1225 | 1480 | 654 | 4488 |
| Кіровоград | -1,0 | 185 | - | 10 | 39 | 134 | 248 | 483 | 1219 | 1600 | 707 | 4440 |
| Конотоп | -2,2 | 193 | 1 | 10 | 39 | 129 | 327 | 655 | 1251 | 1526 | 694 | 4632 |
| Луганськ | -1,6 | 180 | 1 | 7 | 53 | 161 | 382 | 665 | 1038 | 1340 | 673 | 4320 |
| Луцьк | -0,2 | 187 | - | 5 | 21 | 100 | 301 | 600 | 1206 | 1513 | 742 | 4488 |
| Львів | -0,2 | 191 | - | - | 2 | 20 | 62 | 458 | 1039 | 1678 | 1133 | 4392 |
| Миколаїв | 0,4 | 165 | - | - | 7 | 54 | 226 | 460 | 1050 | 1509 | 726 | 4032 |
| Одеса | 1,0 | 165 | - | - | 5 | 22 | 134 | 399 | 975 | 1781 | 644 | 3960 |
| Полтава | -1,9 | 187 | 5 | 8 | 45 | 161 | 391 | 723 | 1224 | 1128 | 803 | 4488 |
| Рівне | -0,5 | 191 | - | 5 | 22 | 102 | 307 | 613 | 1231 | 1546 | 758 | 4584 |
| Севастополь | 4,4 | 137 | - | - | - | - | 6 | 67 | 392 | 1525 | 1298 | 3288 |
| Сімферополь | 1,9 | 158 | - | - | 3 | 15 | 87 | 341 | 846 | 1364 | 1136 | 3792 |
| Суми | -2,5 | 195 | 1 | 10 | 40 | 130 | 330 | 662 | 1263 | 1542 | 702 | 4680 |
| Тернопіль | -0,5 | 190 | 1 | 10 | 39 | 126 | 322 | 644 | 1231 | 1502 | 685 | 4560 |
| Ужгород | 1,6 | 162 | - | - | 2 | 18 | 55 | 404 | 919 | 1484 | 1006 | 3888 |
| Феодосія | 2,9 | 144 | - | - | 2 | 12 | 53 | 236 | 689 | 1367 | 1097 | 3456 |
| Харків | -2,1 | 189 | - | 10 | 46 | 189 | 411 | 754 | 1179 | 1255 | 692 | 4536 |
| Херсон | 0,6 | 167 | - | - | 7 | 36 | 163 | 433 | 885 | 1555 | 929 | 4008 |

Продовження таблиці Б.2

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 |
| Черкаси | -1,0 | 189 | 1 | 10 | 39 | 126 | 320 | 642 | 1225 | 1493 | 680 | 4536 |
| Чернігів | -1,7 | 191 | 1 | 10 | 39 | 127 | 324 | 648 | 1238 | 1510 | 687 | 4584 |
| Чернівці | -0,2 | 179 | - | 10 | 38 | 130 | 240 | 468 | 1179 | 1548 | 683 | 4296 |
| Ялта | 5,2 | 126 | - | - | - | - | 5 | 61 | 360 | 1404 | 1194 | 3024 |

**ДОДАТОК В**

Таблиця В.1Розрахункові температури повітря tв в приміщеннях будівель різних груп, що переважають

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Найменування груп будівель за їх призначенням | Переважаючі приміщення | | Примітки |
| Найменування | Розрахункова температура повітря  оС |
| 1 | 2 | 3 | 4 |
| Житлові будівлі | | | |
| Житлові будівлі  квартирного типу та гуртожитки | Житлові кімнати | 18 чи 20 | В залежності від кліматичного району |
| Громадські будівлі | | | |
| Лікарні та диспансери | Палати для дорослих | 20 | --- |
| Пологові будинки | Палати | 22 | --- |
| Амбулаторії та поліклініки | Кабінети лікарів | 20 | --- |
| Загально-освітні школи та  школи-інтернати | Класи та кабінети | 17,18 чи 20 | В залежності від кліматичного району |
| Дитячі дошкільні заклади | Спальні ясельних груп | 20,21 чи 22 | В залежності від кліматичного району |
| Професійно-технічні, середні спеціальні та вищі учбові заклади | Аудиторії | 18 | --- |
| 1 | 2 | 3 | 4 |
| Клуби | Зали для глядачів | 16 | --- |
| Театри | Зали для глядачів | 19-21 | --- |
| Кінотеатри | Зали для глядачів | 14 | --- |
| Будівлі конструкторських і проектних організацій | Проектні зали та кімнати | 18 | --- |
| Будівлі управління | Робочі кімнати | 18 | --- |

Продовження таблиці В.1

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Найменування груп будівель за їх призначенням | Переважаючі приміщення | | Примітки |
| Найменування | Розрахункова температура повітря  оС |
| 1 | 2 | 3 | 4 |
| Готелі | Номера | 20 | --- |
| Будинки побуту, ательє, майстерні, приймальні пункти | Приміщення для виготовлення та ремонту | 18 | --- |
| Лазні | Роздягальні, душеві, ванни | 25 | --- |
| Пральні | Сушильні-гладильні та пральні цехи | 15 | --- |
| Магазини | Торгівельні зали продовольчих то-варів, торгівельні зали промислових товарів | 12 | --- |
| Підприємства громадського харчування, їдальні, фабрики-кухні | Зали, буфети | 16 | --- |
| Спортивні спорудження | Спортивні зали та катки | 18 | --- |
| 1 | 2 | 3 | 4 |
| Лабораторії | --- | 16 | --- |
| Пожежні депо | --- | 15 | --- |
| Гаражі | --- | 10 | --- |
| Адміністративні будівлі, головні контори | --- | 18 | --- |

Таблиця В.2 Розрахункові температури повітря tв в приміщеннях промислових будівель, що переважають

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Найменування груп будівель за їх призначенням | Переважаючі приміщення | | Примітки |
| Найменування | Розрахункова температура повітря  , оС |
| 1 | 2 | 3 | 4 |
| Виробничі приміщення (робоча зона) при легких роботах (категорії I) | - | 20-23  19-25 | Оптимальні значення  Допустимі значення |
| Те ж, при роботах середньої важкості (категорії IIа) | - | 18-20  17-23 | Оптимальні значення  Допустимі значення |
| Те ж, при роботах середньої важкості (категорії IIб) | - | 17-19  15-21 | Оптимальні значення  Допустимі значення |
| Те ж, при важких роботах (категорії III) | - | 16-18  13-19 | Оптимальні значення  Допустимі значення |
| Допоміжні будівлі та приміщення | Приміщення для відпочинку | 18 | - |

**ДОДАТОК Г**

## Таблиця Г.1 Питомі показники максимального теплового потоку на опалення житлових будівель на 1 м2 загальної площі, qоп , Вт

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Поверхо-вість житлової забудови | Характеристика будівель | Розрахункова температура зовнішнього повітря  для проектування опалення t0, oC | | | | | | | | | | |
| - 5 | - 10 | - 15 | - 20 | - 25 | - 30 | - 35 | - 40 | - 45 | - 50 | - 55 |
| Для забудов до 1985 р. | | | | | | | | | | | | |
| 1 – 2 | Без урахування впровадження енергозберігаючих заходів | 148 | 154 | 160 | 205 | 213 | 230 | 234 | 237 | 242 | 255 | 271 |
| 3 – 4 | 95 | 102 | 109 | 117 | 126 | 134 | 144 | 150 | 160 | 169 | 179 |
| 5 і більше | 65 | 70 | 77 | 79 | 86 | 88 | 98 | 102 | 109 | 115 | 122 |
| 1 – 2 | З урахування впровадження енергозберігаючих заходів | 147 | 153 | 160 | 194 | 201 | 218 | 222 | 225 | 230 | 242 | 257 |
| 3 – 4 | 90 | 97 | 103 | 111 | 119 | 128 | 137 | 140 | 152 | 160 | 171 |
| 5 і більше | 65 | 69 | 73 | 75 | 82 | 88 | 92 | 96 | 103 | 109 | 116 |
| Для забудов після 1985 р. | | | | | | | | | | | | |
| 1 – 2 | За новими типовими проектами | 145 | 152 | 159 | 166 | 173 | 177 | 180 | 187 | 194 | 200 | 208 |
| 3 – 4 | 74 | 80 | 86 | 91 | 97 | 101 | 103 | 109 | 116 | 123 | 130 |
| 5 і більше | 65 | 67 | 70 | 73 | 81 | 87 | 87 | 95 | 100 | 102 | 108 |

**ДОДАТОК Д**

## Таблиця Д.1 Поправочний коефіцієнт для житлових і громадських будівель

|  |  |
| --- | --- |
| Розрахункова температура  зовнішнього повітря , оС | α |
| 0 | 2,05 |
| -5 | 1,67 |
| -10 | 1,45 |
| -15 | 1,29 |
| -20 | 1,17 |
| -25 | 1,08 |
| -30 | 1,00 |
| -35 | 0,95 |
| -40 | 0,90 |
| -45 | 0,85 |
| -50 | 0,82 |
| -55 | 0,80 |

Таблиця Д.2Питомі теплові характеристики на опалення житлових будівель

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Зовнішній будівельний об’єм будівлі V, м3 | Питома теплова характеристика на опалення житлових будівель qO ,  Вт/(м3.К) | |
| Побудови  до 1958 р. | Побудови  після 1958 р. |
| 1 | 2 | 3 |
| 100 | 0,86 | 1,07 |
| 200 | 0,77 | 0,95 |
| 300 | 0,72 | 0,91 |
| 400 | 0,70 | 0,86 |
| 500 | 0,67 | 0,83 |
| 600 | 0,65 | 0,80 |
| 700 | 0,63 | 0,79 |
| 800 | 0,62 | 0,78 |
| 900 | 0,60 | 0,77 |
| 1000 | 0,59 | 0,76 |
| 1100 | 0,58 | 0,72 |
| 1200 | 0,57 | 0,70 |

Продовження таблиці Д.2

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 1 | 2 | 3 |
| 1300 | 0,56 | 0,69 |
| 1400 | 0,55 | 0,67 |
| 1500 | 0,55 | 0,66 |
| 1700 | 0,53 | 0,64 |
| 2000 | 0,52 | 0,61 |
| 2500 | 0,51 | 0,60 |
| 3000 | 0,50 | 0,58 |
| 3500 | 0,49 | 0,56 |
| 4000 | 0,47 | 0,55 |
| 4500 | 0,45 | 0,53 |
| 5000 | 0,44 | 0,52 |
| 6000 | 0,43 | 0,50 |
| 7000 | 0,42 | 0,49 |
| 8000 | 0,41 | 0,48 |
| 9000 | 0,40 | 0,47 |
| 10000 | 0,38 | 0,45 |
| 1 | 2 | 3 |
| 11000 | 0,37 | 0,44 |
| 12000 | 0,36 | 0,44 |
| 13000 | 0,35 | 0,43 |
| 14000 | 0,35 | 0,43 |
| 15000 | 0,34 | 0,43 |
| 20000 | 0,33 | 0,43 |
| 25000 | 0,33 | 0,43 |
| 30000 | 0,33 | 0,42 |
| 35000 | 0,33 | 0,41 |
| 40000 | 0,31 | 0,41 |
| 45000 | 0,31 | 0,40 |
| 50000 | 0,30 | 0,40 |

## Таблиця Д.3 Питомі теплові характеристики адміністративних, лікувальних і культурно-освітніх будівель та будівель дитячих закладів

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Найменуваннябудівель | Об’єм будівлі,  V, тис. м3 | Питомі теплові характеристики,  Вт / м3 К | |
| на опалення,  q0 | на вентиляцію,  qv |
| 1 | 2 | 3 | 4 |
| Адміністративні будівлі, головні контори | До 5  До 10  До 15  Більше 15 | 0,5  0,44  0,41  0,37 | 0,1  0,09  0,08  0,21 |
| Клуби | До 5  До 10  Більше 10 | 0,43  0,38  0,35 | 0,29  0,27  0,23 |
| Кінотеатри | До 5  До 10  Більше 10 | 0,42  0,37  0,35 | 0,5  0,45  0,44 |
| Театри | До 10  До 15  До 20  До 30  Більше 30 | 0,34  0,31  0,26  0,23  0,21 | 0,48  0,47  0,44  0,42  0,36 |
| Універмаги | До 5  До 10  Більше 10 | 0,44  0,38  0,36 | ---  0,09  0,31 |

Продовження таблиці Д.3

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 1 | 2 | 3 | 4 |
| Дитячі ясла і садочки | До 5  Більше 5 | 0,44  0,40 | 0,13  0,12 |
| Школи та вищі навчальні заклади | До 5  До 10  Більше 10 | 0,45  0,41  0,38 | 0,10  0,09  0,08 |
| Лікарні | До 5  До 10  До 15  Більше 15 | 0,47  0,42  0,37  0,35 | 0,34  0,33  0,30  0,29 |
| Лазні | До 5  До 10  Більше 10 | 0,33  0,29  0,27 | 1,16  1,10  1,05 |
| Пральні | До 5  До 10  Більше 10 | 0,44  0,38  0,36 | 0,93  0,91  0,87 |
| Підприємства гро-мадського харчування, їдальні, фабрики-кухні | До 5  До 10  Більше 10 | 0,41  0,38  0,35 | 0,81  0,76  0,70 |
| Лабораторії | До 5  До 10  Більше 10 | 0,43  0,41  0,38 | 1,16  1,10  1,05 |
| Пожежні депо | До 2  До 5  Більше 5 | 0,56  0,53  0,52 | 0,16  0,10  0,10 |

Продовження таблиці Д.3

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 1 | 2 | 3 | 4 |
| Гаражі | До 2  До 3  До 5  Більше 5 | 0,81  0,70  0,64  0,58 | ---  ---  0,81  0,76 |

Таблиця Д.4 Питомі теплові характеристики промислових будівель

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Найменування будівлі | Об’єм будівлі,  V, тис. м3 | Питомі теплові характеристики,  Вт / м3 К | |
| на опалення,  q0 | на вентиляцію,  qv |
| 1 | 2 | 3 | 4 |
| Чавуноливарні цехи | 10 – 15  50 – 100  100 – 150 | 0,35 – 0,29  0,29 – 0,26  0,26 – 0,21 | 1,28 – 1,16  1,16 – 1,05  1,05 – 0,93 |
| Мідноливарні цехи | 5 – 10  10 – 20  20 – 30 | 0,47 – 0,41  0,41 – 0,29  0,29 – 0,23 | 2,91 – 2,33  2,33 – 1,74  1,74 – 1,40 |
| Термічні цехи | до 10  10 – 30  30 – 75 | 0,47 – 0,35  0,35 – 0,29  0,29 – 0,23 | 1,50 – 1,40  1,40 – 1,16  1,16 – 0,70 |
| Ковальські цехи | до 10  10 – 50  50 – 100 | 0,47 – 0,35  0,35 – 0,29  0,29 – 0,17 | 0,81 – 0,70  0,70 – 0,58  0,58 – 0,35 |
| Механозбірні, механічні та слюсарні відділення інструментальних цехів | 5 – 10  10 – 15  50 – 100  100 – 200 | 0,64 – 0,52  0,52 – 0,47  0,47 – 0,44  0,44 – 0,41 | 0,47 – 0,29  0,29 – 0,17  0,17 – 0,14  0,14 – 0,09 |

Продовження таблиці Д.4

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 1 | 2 | 3 | 4 |
| Деревообробні цехи | до 5  5 – 10  10 – 50 | 0,70 – 0,64  0,64 – 0,52  0,52 – 0,47 | 0,70 – 0,58  0,58 – 0,52  0,52 – 0,47 |
| Цехи металевих конструкцій | 50 – 100  100 – 150 | 0,44 – 0,41  0,41 – 0,35 | 0,62 – 0,52  0,52 – 0,41 |
| Цехи покриттів (гальванічні і т.д.) | до 2  2 – 5  5 – 10 | 0,77 – 0,70  0,70 – 0,64  0,64 – 0,52 | 5,82 – 4,65  4,65 – 3,49  3,49 – 2,33 |
| Ремонтні цехи | 5 – 10  10 – 20 | 0,70 – 0,58  0,58 – 0,52 | 0,23 – 0,17  0,17 – 0,12 |
| Паровозне депо | до 5  5 – 10 | 0,81 – 0,76  0,76 – 0,70 | 0,47 – 0,35  0,35 – 0,29 |
| Котельні цехи | 100 – 250 | 0,29 | 0,70 |
| Котельні (опалювальні та парові) | 2 – 5  5 – 10  10 – 20 | 0,12  0,12  0,09 | 0,35 – 0,58  0,35 – 0,58  0,23 – 0,47 |
| Майстерні та цехи ФЗУ | 5 – 10  10 – 15  15 – 20  20 – 30 | 0,58  0,47  0,41  0,35 | 0,58  0,35  0,29  0,23 |

Продовження таблиці Д.4

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 1 | 2 | 3 | 4 |
| Насосні | до 0,5  0,5 – 1  1 – 2  2 – 3 | 1,22  1,16  0,70  0,58 | ---  ---  ---  --- |
| Компресорні | до 0,5  0,5 – 1  1 – 2  2 – 5  5 – 10 | 0,81  0,81 – 0,70  0,70 – 0,52  0,52 – 0,47  0,47 – 0,41 | ---  ---  ---  ---  --- |
| Газогенераторні | 5 – 10 | 0,12 | 2,09 |
| Регенерація мастил | 2 – 3 | 0,87 – 0,70 | 0,70 – 0,58 |
| Склади хімікатів, барв і т.п. | до 1  1 – 2  2 – 5 | 0,99 – 0,87  0,87 – 0,76  0,76 – 0,67 | ---  ---  0,70 – 0,52 |
| Склади моделей та головні магазини | 1 – 2  2 – 5  5 – 10 | 0,97 – 0,81  0,81 – 0,70  0,70 – 0,52 | ---  ---  --- |
| Побутові та адміністративно-допоміжні приміщення | 0,5 – 1  1 – 2  2 – 5  5 – 10  10 – 20 | 0,70 – 0,52  0,52 – 0,47  0,47 – 0,38  0,38 – 0,35  0,35 – 0,29 | ---  ---  0,16 – 0,14  0,14 – 0,13  0,13 – 0,12 |

Продовження таблиці Д.4

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 1 | 2 | 3 | 4 |
| Прохідні | до 0,5  0,5 – 2  2 – 5 | 1,51 – 1,40  1,40 – 0,81  0,81 – 0,64 | ---  ---  0,17 – 0,12 |
| Казарми та приміщення ВОХР | 5 – 10  10 – 15 | 0,44 – 0,38  0,38 – 0,36 | ---  --- |

**ДОДАТОК Е**

## Таблиця Е.1 Контрольні показники питомого теплового потоку для опалювальних систем житлових і громадських будівель

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Тип будівлі | Повер-ховість | Питома теплова потужність  Вт / м2 | | | | Питоме теплоспоживання  ГДж / (м2 рік) | | | |
| при кількості S, градусо-діб | | | | | | | |
| >3500 | 3001…  3500 | 2501…  3000 | <2500 | >3500 | 3001…  3500 | 2501…  3000 | <2500 |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| Одноквартирний житловий будинок | 1  2 | 94  86 | 93  83 | 91  81 | 83  74 | 0,77  0,70 | 0,72  0,65 | 0,63  0,56 | 0,50  0,45 |
| Двоквартирний житловий будинок | 1  2 | 79  72 | 77  69 | 76  68 | 68  63 | 0,65  0,59 | 0,59  0,54 | 0,52  0,47 | 0,41  0,38 |
| Секційний житловий будинок, рядова, кутова, поворотна житлова блок-секція | 3  4  5  9 – 10  12 – 16  >16 | 61  57  55  51  55  59 | 58  56  53  50  53  57 | 57  55  52  49  52  56 | 51  48  48  43  48  50 | 0,50  0,47  0,45  0,41  0,45  0,49 | 0,45  0,43  0,41  0,38  0,41  0,45 | 0,40  0,38  0,36  0,34  0,36  0,40 | 0,31  0,29  1  0,25  0,29  0,31 |
| Торцева житлова блок-секція з рядовим закінченням | 5  9 – 10  12 – 16  >16 | 57  53  57  61 | 55  52  55  60 | 54  50  54  59 | 50  45  50  52 | 0,47  0,43  0,47  0,50 | 0,43  0,40  0,43  0,47 | 0,38  0,34  0,39  0,41 | 0,31  0,27  0,31  0,32 |

Продовження таблиці Е.1

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| Торцева житлова  блок-секція  з двома торцями | 5  9 – 10  12 – 16  >16 | 59  55  59  64 | 57  53  57  63 | 56  52  56  62 | 52  48  52  56 | 0,47  0,45  0,49  0,52 | 0,45  0,41  0,45  0,49 | 0,40  0,36  0,40  0,43 | 0,32  0,29  0,32  0,34 |
| Односекційний житловий будинок | 12 – 16  >16 | 63  68 | 61  67 | 60  66 | 55  59 | 0,51  0,56 | 0,48  0,52 | 0,41  0,47 | 0,33  0,36 |
| Теж, складної конфігурації  за планом | 12 – 16  >16 | 61  66 | 59  65 | 58  64 | 54  58 | 0,50  0,54 | 0,47  0,50 | 0,41  0,45 | 0,34  0,36 |
| Дитячі дошкільні заклади | 1  2  3 | 79  75  65 | 77  74  64 | 75  71  62 | 67  64  55 | 0,56  0,52  0,45 | 0,52  0,49  0,43 | 0,45  0,43  0,38 | 0,34  0,34  0,29 |
| Загальносвітні школи, спеціалізовані  учбово-виробничі комбінати,  ПТУ, технікуми | 1  2  3  4 | 58  50  44  39 | 57  49  43  38 | 55  48  42  37 | 49  43  37  33 | 0,36  0,31  0,29  0,22 | 0,32  0,29  0,23  0,22 | 0,27  0,23  0,20  0,18 | 0,20  0,18  0,16  0,14 |
| НДІ, проектні, громадські організації, управління, адміністративні будівлі | 2  3  4  >4 | 75  65  62  59 | 74  64  61  57 | 71  62  59  55 | 64  55  53  49 | 0,43  0,40  0,38  0,36 | 0,41  0,36  0,34  0,32 | 0,34  0,31  0,29  0,28 | 0,27  0,22  0,20  0,19 |

Продовження таблиці Е.1

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| **Будівлі для лікування та відпочинку:** | | | | | | | | | |
| 1. лікарні, госпіталі, пологові будинки, диспансери, лікувально-санаторні корпуси | 2  3  4  >4 | 72  63  60  58 | 71  62  59  57 | 69  60  57  55 | 61  54  51  49 | 0,50  0,43  0,41  0,40 | 0,47  0,41  0,40  0,38 | 0,40  0,36  0,34  0,32 | 0,32  0,29  0,27  0,27 |
| 2. поліклініки, амбулаторії | 2  3  4  >4 | 70  61  58  56 | 69  60  57  55 | 67  58  55  53 | 60  52  49  48 | 0,41  0,38  0,36  0,34 | 0,38  0,34  0,32  0,32 | 0,32  0,29  0,28  0,27 | 0,23  0,20  0,19  0,20 |
| 3. адміністративно-громадські корпуси санаторіїв | 1  2  3  4 | 77  74  65  62 | 76  73  64  61 | 73  70  62  59 | 65  63  55  53 | 0,45  0,43  0,40  0,38 | 0,42  0,40  0,36  0,34 | 0,34  0,32  0,31  0,29 | 0,27  0,25  0,23  0,20 |
| 4. спальні корпуси санаторіїв | 2  3  4  >4 | 75  65  62  59 | 74  64  61  58 | 71  62  59  56 | 64  55  53  50 | 0,52  0,45  0,43  0,41 | 0,49  0,41  0,40  0,38 | 0,41  0,38  0,36  0,32 | 0,34  0,29  0,27  0,25 |

Продовження таблиці Е.1

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| Будівлі соціального захисту, будинки-інтернати | 1  2  3  4  >4 | 79  75  65  62  60 | 77  74  64  61  59 | 75  71  62  59  57 | 67  64  55  53  51 | 0,56  0,52  0,45  0,43  0,41 | 0,52  0,49  0,41  0,40  0,38 | 0,43  0,41  0,38  0,36  0,32 | 0,34  0,34  0,29  0,27  0,25 |
| Криті фізкультурно-спортивні спорудження змішаної поверховості, однозальні | | 60 | 59 | 57 | 51 | 0,36 | 0,34 | 0,29 | 0,20 |
| Теж, багатозальні | | 65 | 64 | 62 | 55 | 0,40 | 0,36 | 0,31 | 0,22 |
| Культурно-освітні та видовищні заклади змішаної поверховості: | | | | | | | | | |
| кінотеатри | | 50 | 49 | 48 | 43 | 0,31 | 0,29 | 0,25 | 0,18 |
| виставочні зали, клуби, бібліотеки | | 65 | 64 | 62 | 55 | 0,40 | 0,36 | 0,31 | 0,23 |
| Магазини, універсами, універмаги | 1  2 | 45  40 | 44  39 | 43  38 | 38  34 | 0,29  0,27 | 0,27  0,23 | 0,22  0,20 | 0,16  0,14 |
| Їдальні, кафе | 1  2 | 47  42 | 46  41 | 45  40 | 40  36 | 0,31  0,27 | 0,27  0,25 | 0,22  0,20 | 0,16  0,14 |
| Підприємства побуто-вого обслуговування населення  (крім пралень) | 1  2  3  4 | 75  70  66  63 | 74  69  65  62 | 71  67  63  60 | 64  60  56  54 | 0,45  0,41  0,40  0,38 | 0,41  0,40  0,36  0,34 | 0,34  0,32  0,31  0,29 | 0,25  0,25  0,22  0,22 |

Продовження таблиці Е.1

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| Готелі, кемпінги, мотелі | 2  3  4  >4 | 74  65  62  59 | 73  64  61  58 | 70  62  59  56 | 63  55  53  50 | 0,52  0,45  0,43  0,41 | 0,49  0,41  0,40  0,38 | 0,41  0,38  0,36  0,32 | 0,34  0,29  0,27  0,25 |
| Відділення зв’язку | 1  2 | 75  70 | 74  69 | 71  67 | 64  60 | 0,45  0,41 | 0,41  0,40 | 0,34  0,32 | 0,25  0,25 |

**Примітка**: Контрольні показники слід приймати з коефіцієнтами:

1,1 – для будівель з зовнішніми стінами з багатошарових панелей та ніздрюватих бетонів;

1,15 – для будівель з стінами з цегли та крупних блоків.

**ДОДАТОК Є**

## Таблиця Є.1 Перевідні коефіцієнти з однієї системи одиниць вимірювання до іншої

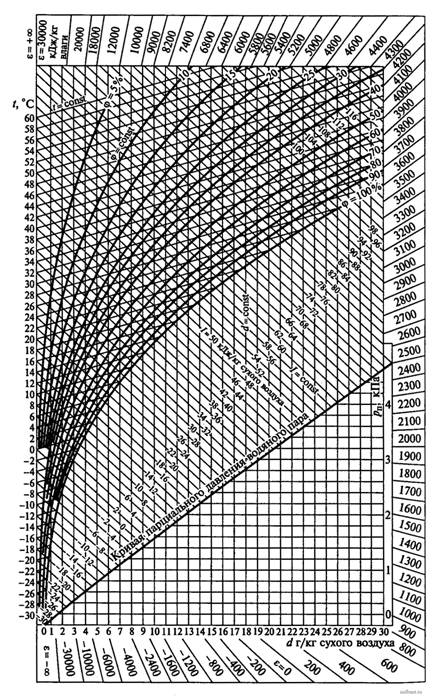
|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Найменування величини | Позна-чення | Одиниця вимірювання | | Перевідний коефіцієнт | |
| СІ | Позасистемні | з СІ в позасистемні | з позасистемних  в СІ |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| Витрати масові | G | кг/с | кг/год | 3600 | 0,000277 |
| Тиск | Р | Па | кгс/м2 | 0,102 | 9,804 |
| 1 Па=1Н/м2  1кПа=103Па=102кгс/м2=0,0102кгс/см2  1Мпа=106Па=102000кгс/м2=10,2кгс/см2  1кгс/см2=104 кгс/м2=735мм рт. ст.=98100Па=  =98,1кПа=0,0981Мпа  1мм вод. ст.=1кгс/м2=9,81Па  1мм рт.ст.=13,6 мм вод.ст.=13,6кгс/м2=133Па | | | |
| Питома теплота фазового перетворення | r | Дж/кг | ккал/кг | 0,239х103 | 4184 |
| Питома теплоємкість | с | Дж/кг К  або  Дж/кгоС | ккал/  /(кг. град) | 0,239х103 | 4187 |
| Коефіцієнт тепло-провідності | λ | Вт/м К  або  Вт/м.оС | ккал/  /(год.м. град) | 0,86 | 1,163 |
| Тепловий  потік чи теплове навантаження | Q | Вт | ккал/год | 0,86 | 1,163 |
| 1Гкал/год=106ккал/год=1163000Вт=  =1,163МВт  1МВт=103кВт=106Вт | | | |
| Питоме теплове навантаження | q | Вт/м2 | ккал/м2 год | 0,86 | 1,163 |

Продовження таблиці Є.1

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| Коефіцієнт тепловіддачі | α | Вт/м2 К  чи  Вт/м2.оС | ккал/  /м2год.град | 0,86 | 1,163 |
| Коефіцієнт теплопередачі | К | Вт/м2 К  чи  Вт/м2.оС | ккал/  / м2год.град | 0,86 | 1,163 |
| Термічний опір | R | м2 К/Вт  чи  м2.оС/Вт | м2год.град /  / ккал | 0,86 | 1,163 |
| Потужність | N | Вт | кВт | 1х103 | 1000 |
| 1Вт=1Дж/с=0,239ккал/с=0,86ккал/год  1кВт=1кДж/с=3600кДж/год=860ккал/год  1МВт=1МДж/с=3,6.106кДж/год=  =0,86.106ккал/год=0,86Гкал/год  1кгс.м/с=9,81Вт | | | |

**ДОДАТОК Ж**

**Рисунок Ж.1. *J*-*d* діаграма**



**СПИСОК ДЖЕРЕЛ ІНФОРМАЦІЇ**

1. Сафонов А.П. Сборник задач по теплофикации и тепловым сетям. Учеб. пособие для вузов. – М.: Энергоатомиздат, 1985. – 235с.
2. ДБН В.2.5-39:2008. Теплові мережі. –К.: Мінпегіонбуд України, 2009.
3. СНиП 2.04.05-91\*. Отопление, вентиляция и кондиционирование. – Москва, 1998.
4. СНиП 23.01-99. Строительная климатология и геофизика. Госстрой СССР.-М.: Стройиздат, 1999.
5. ДБН В.2.2-9-1999. Будинки ы споруди. Громадські будинка та споруди. Основні положення. Мінбуд України. –К., 1999.
6. СНиП 2.09.02-85\*. Производственные здания. Госстрой СССР.-М.: Стройиздат, 1986.
7. ДБН В.2.2-15-2005. Будинки і споруди. Житлові будинки. Основні положення. Мінбуд України. –К., 2005.
8. Уланченко І.І. Визначення теплових потоків з усіх видів теплоспоживання.-Харків: Видавництво «Форт», 2004.