**Вступ**

Теплообмінні пристрої, призначені для передачі і використання теплоти знаходять широке застосування у всіх галузях виробництва й у побуті. Прикладом можуть служити нагрівальні прилади для опалення приміщення, системи охолодження двигунів, водонагрівальні і парові теплопередаючі установки і т.д. У цих пристроях процес переносу тепла зв'язаний з переносом самого середовища. Рухоме середовище, що використовується для передачі тепла, називається теплоносієм. Гази і краплинну рідину використовують як теплоносії в процесі передачі теплоти. У теплотехніці прийнято називати одним терміном – рідиною.

**1. Закон Ньютона – Ріхмана**

Відповідно до закону Ньютона-Ріхмана тепловий потік у процесі тепловіддачі пропорційний поверхні теплообміну і різниці температур поверхні стінки (t с) і рідни (t p), узятої за абсолютною величиною:

Q = a \* F| t с - t p|.

Для густини теплового потоку д, Вт/м2 рівняння приймає вигляд

q = a | t с - t p|.

Коефіцієнт пропорційності a в рівнянні має розмірність Вт/(м2 К) називається коефіцієнтом теплообміну (користуються також і таким терміном коефіцієнт тепловіддачі). Коефіцієнт тепловіддачі дорівнює густині теплового потоку q на поверхні тіла, віднесеної до різниці температур поверхні тіла і навколишнього середовища. Він характеризується інтенсивністю тепловіддачі між рідиною поверхнею теплообміну.

Значення місцевого (локального) коефіцієнта теплообміну відноситься до певної точки поверхні тіла. У розрахунках зручніше користуватися поняттям середнього коефіцієнта тепловіддачі, який дорівнює тепловому потокові поділеному на площу поверхні теплообміну F і середній температурний напір:

a / =



**2. Тепловіддача**

Процес тепловіддачі є складним процесом, а коефіцієнт тепловіддачі залежить від численних величин, що можуть змінюватись при теплообміні. У загальному випадку коефіцієнт тепловіддачі є функцією форми, розмірів і температури поверхні теплообміну, швидкості рідини, її температури і фізичних параметрів.

На практиці конвекція супроводжується теплопровідністю. Процес теплообміну між поверхнею твердого тіла або поверхнею розділу фаз і рідиною, що рухається, називається тепловіддачею. Поверхня тіла, через яку переноситься теплота, зветься поверхнею теплообміну.

На інтенсивність тепловіддачі великий вплив чинить швидкість руху теплоносія відносно поверхні теплообміну. У зв'язку з ним розрізняють вимушену і вільну конвекцію. Вимушена конвекція відбувається під дією зовнішніх поверхневих сил (насос, вентилятор, вітер), прикладених па границях системи, або масових сил, прикладених до рідини, або за рахунок запасу кінетичної енергії, набутої рідиною поза системою. Вільна конвекція з'являється під дією неоднорідного поля зовнішніх сил (сил гравітаційного, електричного або інерційного поля), прикладених до рідини усередині системи.

Надалі буде розглядатися гравітаційна вільна конвекція при фіксованій величині прискорення сили ваги і відсутності інших масових сил. Крім того, будуть розглянуті тільки стаціонарні процеси руху рідини і тепловіддачі. Умовою стаціонарності є незмінність у часі швидкості і температури в будь-якій точці рідини.

У залежності від фізичних властивостей рідини процес тепловіддачі протікає по-різному. Особливий вплив на теплообмін чинять наступні фізичні параметри: теплопровідність λ, питома теплоємність с, густина ρ, коефіцієнт температуропровідності а і коефіцієнт в'язкості μ.

Величини λ, с, а, ρ, аналізувалися при розгляді теплопровідності. На процес переносу тепла істотно впливає в'язкість рідини. Між частками або шарами рідини, щорухаються з різними швидкостями, виникає сила змушеного тертя, що протидіє рухові. Сила тертя має місце при русі рідини по поверхні тіла. Відповідно до закону Ньютона дотична сила, що виникала, віднесена до одиниці поверхні, пропорційна зміні швидкості в напрямку нормалі до руху рідини. Коефіцієнт пропорційності цієї закономірності називається коефіцієнтом динамічної в'язкості і позначається через μ. Його одиниця виміру: Па\* с.

При дослідженні тепловіддачі використовують коефіцієнт кінематичної в'язкості:ν м2/с, який дорівнює відношенню коефіцієнта динамічної в'язкості μ до густини.

**3. Густина теплового потоку за використання теплообміну**

Теорія подібності являє собою науку про подібні явища. Найбільш простим прикладом служить геометрична подібність, що виражає умови пропорційності однойменних лінійних розмірів тіл.

Поняття подібності може бути поширене на фізичні явища. У такому випадку мова йде про подібні фізичні явища. Подібні явища повинні задовольняти наступні положення.

Подібні фізичні явища якісно однакові, описуються і формулюються однаковими рівняннями як за формою, так і за змістом.

Подібні явища протікають у геометрично подібних системах.

При вивченні подібних явищ варто зіставляти між собою тільки однорідні величини (тобто величини, що мають той же фізичний зміст і однакову розмірність) і пише в тотожних точках простору й у тотожних моментах часу.

Критерії подібності прийнято називати іменами вчених.

Подібність процесів конвективного теплообміну визначається наступними критеріями подібності.

Критерій Нуссельта Nu, що характеризує інтенсивність процесу конвективного теплообміну:

Nu =,



де а – коефіцієнт теплообміну; l – характерний геометричний розмір; λ – теплопровідність теплоносія.

Представимо Nu у вигляді відношення Nu = . Приходимо до висновку, що критерій Нуссельта являє собою відношення термічного опору теплопровідності Rλ, шару рідини товщиною l до термічного опору тепловіддачі Ra.



Критерій Прандтля виражає теплофізичні властивості рідини:

Рr =



Коефіцієнт Пекле характеризує відношення густини потоку теплоти, який переносить рухома рідина, до густини потоку теплоти, зумовленої теплопровідністю:

Pe =



Критерій Пекле може бути представлений як добуток двох інших критеріїв:

Ре = \* = Pr \* Re.



Коефіцієнт Грасгофа характеризує відношення підйомної сили, що виникає внаслідок різниці густий рідини безпосередньо біля стінки й у далечіні від неї і сили в'язкості:

Gr = β (tc-tp). (12.19)



Коефіцієнт Фур’є являє собою комплекс, що визначає масштаб часу, у якому протікає процес:

Fo =



Критерії Фур’є використовується при вивченні нестаціонарних процесів.

У рівняннях прийняті позначення: w – швидкість руху м/с, l – характерний розмір, м; v – кінематична в'язкість, м2/с; а – температуропровідність, м2/с; g – прискорення вільного падіння, м/с2; β – температуриш коефіцієнт, 1 / град; tс, Ьж – температура рідини біля стінки і у ядрі потоку, °С.

При вивченні тепловіддачі в умовах змушеного руху рідини, усередненої по всій поверхні теплообміну і неускладненої фазовими і хімічними перетвореннями, критеріальне рівняння має вигляд:

Nu = ƒ (Re, Pr).

Для тепловіддачі в умовах вільного руху критеріальне рівняння записується так

Nu = ƒ (Gr, Pr).

З критеріального рівняння спочатку знаходять значення Nu, а потім розраховують коефіцієнт теплообміну:

а = Nu



Дослідження й уточнення методів розрахунку процесів теплообміну експериментальним шляхом здійснюється па моделях. Модель певним чином відображує поводження об'єкта або процесу в натурі. Заміна вивчення процесу в реальному об’ємі дослідженням цього ж процесу на моделі має назву моделювання. Умови моделювання, тобто умови, які повинні задовольняти модель і процес, що протікає в ньому, дає теорія подібності.

Метод, що поєднує особливості дослідження експериментальних натурних об’єктів з розрахунково-аналітичним підходом, також називається моделювання. Цінність такого моделювання полягає в тому, що воно дозволяє, по можливості скоротити і полегшити натурний експеримент і збільшити вірогідність математичного опису і розрахунків

На виробництві в багатьох випадках має місце тепловіддача при вимушеному русі рідини. Прикладом може служити тепловіддача стінам приміщення теплого вентиляційного повітря, подаваного вентилятором; тепловіддача від теплоносія в опалювальному приладі і т.д.

Зазначимо, що коли плоска поверхня омивається потоком рідини, швидкість температура якої в далечіні від твердого тіла постійні, то біля пластини утворюється гідродинамічний пограничний шар.

Течія у пограничному шарі може бути як ламінарною, так і турбулентною. Дослід показує, що перехід з ламінарної форми течії в турбулентну відбувається на деякій ділянці.

У процесі теплообміну біля поверхні пластини формується тепловий пограничний шар. Характер розподілу температури в тепловому пограничному шарі залежить від режиму руху рідини в динамічному пограничному шарі. Тому розрахункові формули для визначення коефіцієнтів тепловіддачі для випадків ламінарного і турбулентного режимів течії різні.

При ламінарному режимі течії критеріальне рівняння для визначення середнього коефіцієнта тепловіддачі має вигляд

Nu = 0.66\*Re0,5 \* Pr0,33 0.25



При турбулентному режимі течії середній коефіцієнт тепловіддачі визначається з формули:

Nu = 0,037 \* Re0,8 \* Pr0,43 0.25



Температура, при якій вибирається значення фізичних властивостей рідини в критеріальних рівняннях, називається визначальною температурою. Як визначальна температура в рівняннях прийнята: при обчисленні критеріїв Re і Pr температура незбуреного потоку, а при обчисленні Рr – середнє значення по поверхні температури стінки.

**4. Поняття про абсолютно чорне, сіре і біле тіла**

У відповідності з законом збереження енергії

Eпад =EA + ER + ED

або в безрозмірній формі

A+R+D=1,

де – A = EA/ Eпад поглинальна здатність; R = ER/ Eпад – відбивна здатність; D = ED/ Eпад – пропускна здатність тіла.

Тіло, для якого A= 1, R = D = 0, називається абсолютно чорним. Якщо R=1, A=D = 0, то таке тіло називається абсолютно білим, а якщо D = 1, A = R = 0 – абсолютно проникним або діаметричним. Для більшої частини твердих тіл D = 0.

Тіла, для яких коефіцієнт поглинання 0<А<1 і поглинальна здатність не залежать від довжини хвилі падаючого випромінювання, називаються сірими.

Суму власного випромінювання тіла, відбитого ним, називають ефективним випромінюванням:

Ееф = E + REпа

Різниця між власним випромінюванням Е і поглинутим променистим потоком Епогл. = АЕпад називається результуючим випромінюванням Ер.

Е р = Е – АЕ пад = Е еф – Е пад.

Сукупний процес випромінювання, поглинання, відбивання і пропускання енергії випромінювання в системах тіл називають променистим теплообміном.

Закон Планка. Для абсолютно чорного тіла спектральна щільність потоку випромінювання Іλ0 залежить від довжини хвилі й абсолютної температури тіла:

Іλ0=С1λ-5(ес2/λт-1) – де С1 = 3,74–10-6 Вт/м2; С2= 1,439–10-2 м\*К – постійні випромінювання; Т – термодинамічна температура, К; е – основа натурального логарифма.

З підвищенням температури довжина хвилі, що відповідає максимальній інтесивності випромінювання, зміщається убік більш коротких довжин хвиль.

Закон Віна. Добуток довжини хвилі при якій досягається максимальне

Значення на температуру Т величина постійна.

λТ= 2,896 \* 10-3

Закон Стефана-Больцмана. З закону Планка шляхом інтегрування Іλ0 по довжинах хвиль випливає, що для абсолютно чорного тіла

Е0= С0 (Т/100)

**5. Густина теплового потоку під час променевого теплообміну**

Теплове випромінювання являє собою процес перетворення внутрішньої енергії випромінюючого тіла в енергію електромагнітних коливань. При потраплянні променистої енергії на інше тіло вона частково поглинається, перетворюючись у внутрішню енергію. Особливість теплообміну випромінюванням полягає в тому, що відпадає необхідність у безпосередньому контакті тіл. Випромінювання електромагнітних хвиль властиве всім тілам.

Випромінювання характеризується як хвильовими, так і корпускулярними властивостями, а саме: безперервністю електромагнітних хвиль і дискретністю, характерною для часток, так званих фотонів. Поширення випромінювання в просторі визначається хвильовими властивостями, а енергія випромінювання – корпускулярними. Теплове випромінювання характеризується довжиною хвилі λ і частотою коливань v. При цьому між ними є така залежність: v=C/λ, де С = 3–108 м/с – швидкість поширення світла.

Випромінювання залежить від температури. Зі збільшенням температури збільшується внутрішня енергія тіла і, як наслідок, випромінювання тіла.

Крім температури випромінювання залежить від природи тіла, стану поверхні, для газів – також від товщини шару газу і його тиску. Більшість твердих і рідких тіл випромінюють енергію у всіх діапазонах довжини хвиль. Чисті метали і гази випускають енергію тільки у визначених інтервалах довжини хвиль – так зване селективне випромінювання.

При помірних температурах, що звичайно зустрічаються в техніці випромінювання відповідає діапазонові довжин хвиль від 0,8\*10-6 до 0,8–10-3 м. Вони відносяться до теплового (інфрачервоного) випромінювання.

Інтегральний променистий потік, випромінюваний за одиницю часу з одиниці поверхні в усіх напрямках напівсферичного простору і по всіх довжинах хвиль, називають поверхневою щільністю потоку інтегрального випромінювання, або випромінювальною здатністю тіла Е, Вт/м2.

Відношення щільності потоку випромінювання, що випускається в нескінченно малому інтервалі довжин хвиль, до величини цього інтервалу, зветься спектральною щільністю потоку випромінювання, Вт/м\*

Іλ = dE/dλ.

У загальному випадку тіло, па яке надходить променистий потік, частково поглинає його, частково відбиває і частково пропуск.