**Карнаух Вікторія Вікторівна. Інтенсифікація тепломасообмінних процесів у вентиляторних градирнях плівкового типу : дис... канд. техн. наук: 05.14.06 / Одеський національний політехнічний ун-т. - О., 2006**

|  |  |
| --- | --- |
| |  | | --- | | Карнаух В. В. Інтенсифікация тепломасообмінних процесів у вентиляторних градирнях плівкового типу. – Рукопис.  Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за фахом 05.14.06 – Технічна теплофізика і промислова теплоенергетика – Одеський національний політехнічний університет, Одеса, 2006.  У дисертації обґрунтовано перспективність використання у градирнях продуктивністю до 100 м3/год впорядкованої багатоканальної насадки плівкового типу з роздільним рухом повітряного потоку і водяної плівки, виконано моделювання процесів тепломасообміну за випарного охолоджування води в градирні з урахуванням уточнених уявлень про фазові термічні опори. Обґрунтовано доцільність розрахунку градирень тільки з урахуванням *RS*, якщо 0,8<*l*<1,2. Встановлено на підставі розробленого нами методу визначення стану повітряного потоку умови небажаного повного насичення його вологою до виходу з насадки апарата для подальшої оптимізації висоти її і питомої витрати повітря. Рекомендовано для плівкової градирні: тип РН – «подвійний косий риф», матеріал РН – полівінілхлорид; визначені оптимальні геометричні параметри РН. Експериментально встановлено випереджаюче зростання інтенсивності процесу тепломасообміну в порівнянні зі зростанням енерговитрат на його організацію. Розроблено типорозмірні ряди проти- і поперечноточних плівкових вентиляторних градирень у діапазоні продуктивності з охолоджувальної води *Gр* = 25…100 м3/год, що забезпечує за умови їх багатосекційної збірки економію як енергії на привід, так і води на компенсацію втрат з випаровуванням і краплинним віднесенням. | |
| |  | | --- | | У дисертаційній роботі запропоновано нові рішення щодо підвищення ефективності роботи плівкових градирень, які полягають у встановленні впорядкованої багатоканальної насадки нового типу, що забезпечує розвинену поверхню тепломасопереносу за мінімального аеродинамічного опору, впровадженні багатосекційної збірки градирень удосконаленого типу.  У результаті виконання роботи отримані наступні результати.   1. Виконано порівняльний аналіз сучасних методів розрахунку тепломасообмінних процесів у системі вода-повітря і показано перевагу методу ентальпійного потенціалу; розвинено теоретичні основи аналізу фазових термічних опорів повітряного і водяного потоків, що ґрунтуються на уявленнях про аддитивність фазових термічних опорів. 2. Показано значущість термічного опору рідинної плівки, що визначає можливість інтенсифікації процесу тепломасообміну дією на газову і рідинну фази, використовуючи поверхні з регулярною шорсткістю. 3. Запропоновано розрахунковий метод визначення стану повітряного потоку за висотою (у протиточних ТМА) і за об'ємом (у поперечноточних ТМА) насадки градирні, який дозволяє встановити можливість небажаного повного насичення вологою газового потоку до виходу з насадки апарату, для вживання заходів щодо запобігання різкого зниження ефективності процесу. 4. Виконано моделювання процесів тепломасообміну під час випарного охолоджування води в градирні з урахуванням уточнених уявлень про фазові термічні опори, величини поверхні тепло- і масообміну і відхилення значення співвідношення Л’юіса від одиниці (порушується аналогія процесів перенесення теплоти і маси). 5. Установлено: для всіх схем контакту потоків характерними є плівково-струминний ламинарно-хвильовий або перехідний режими току рідини при турбулентному газовому потоці. Для протитоку має місце значна гідродинамічна взаємодія фаз – ; за поперечного току . 6. Установлено для поверхонь з РШ випереджаюче зростання інтенсивності процесів тепломасообміну в порівнянні зі зростанням енерговитрат на організацію процесу. Для протитоку за ; рекомендовано за *dе*=0,015...0,03м. У градирнях великої продуктивності (понад 100 м3/год) необхідно збільшити еквівалентний діаметр до *dе*=0,03…0,05 м. Для поперечного току за *k = idem*; рекомендовано *lopt*=0,03...0,04 за *dе*=0,020...0,03 м. Для протиточних апаратів малої продуктивності можна рекомендувати *НРН*=0,300...0,500 м, для апаратів більшої продуктивності (*Gр*=100м3/год) доцільно збільшити сумарну висоту зрошувача до 1,0 м (компонувати зрошувач ярусами, з висотою кожного 0,32...0,5 м.). 7. Доведено: в інженерних розрахунках для оптимального діапазону навантажень по газу і рідині (0,8<*l*<1,2) можна нехтувати впливом термічного опору рідинної плівки і вести розрахунок градирень, ґрунтуючись лише на значенні сумарного термічного опору (*RS*); за інших значень *l*слід переходити до аналізу і розрахунку тепломасообмінних процесів з урахуванням фазових термічних опорів; в умовах протитоку інтенсифікація процесів забезпечується за рахунок зниження *Rр* при поперечному тоці регулярна шорсткість інтенсифікує процеси в обох фазах. 8. Для градирні з багатоканальною насадкою з РШ на поверхні рекомендовано: тип РН – «подвійний косий риф» і матеріал РН – полівінілхлорид. 9. В області значень ступеня охолодження рідини *Ер0,5* очевидні переваги поперечноточної схеми; за великих значеннь питомої ефективності (*Е\**) схеми виявляються рівноцінними і забезпечують однакову величину *Ер,max*@ 0,73. Збільшення *dе* до оптимальних значень забезпечує подальше поліпшення характеристик поперечноточного модуля і досягнення *Ер,max*@ 0,8. 10. Обґрунтовано доцільність застосування поперечноточних апаратів. Поперечноточна схема має ряд переваг у порівнянні з протитоком: значне розширення діапазону робочих навантажень; зниження енерговитрат за більш високого ступеня досягнутого охолоджування рідини; зниження висоти ТМА; можливість установлення вентилятора поза потоком вологого повітря і його реверсування – за необхідності. Протитік забезпечує більшу щільність теплового потоку (*qг*=370кВт/м3 проти 250 кВт/м3 для поперечного току). Вибір схеми обумовлений особливостями експлуатації, вимогами компактності і допустимим рівнем енерговитрат. 11. Розроблено типорозмірні ряди проти- і поперечноточних плівкових вентиляторних градирень у діапазоні продуктивності з охолоджувальної води *Gр*= 25…100 м3/год, що забезпечує в умовах цілорічної експлуатації і континентального клімату за умови їх багатосекційної збірки економію як енергії на привід (до 30%), так і води на компенсацію втрат з випаровуванням і краплинним віднесенням (близько 20%).   **Умовні позначення**  *Q* - теплове навантаження, кВт; *q* - щільність зрошування, м3/(м2год); *G* - об'ємна витрата, м3/с; *W*-швидкість, м/с; *x*- коефіцієнт гідравлічного опору; *F*-площа, м2; *dе* - еквівалентний діаметр, м; Р, Е - крок і висота основного гофрування, м; р, е - крок і висота регулярної шорсткості, м; *k* - коефіцієнт шорсткості; *l*- відносна витрата повітря; *ср-* теплоємність за постійного тиску, кДж/(кгК); *ro*- питома теплота пароутворення, кДж/кг; *t* - температура газу, оС; *рп* - парціальний тиск насиченої пари, Па; *hг*- ентальпія газу, кДж/кг; *г* - коефіцієнт тепловіддачі від ядра рідини до ядра повітря, Вт/м2К; *г0*-коефіцієнт тепловіддачі від поверхні рідини до повітря, Вт/м2К; *х (р, h)*- коефіцієнт масовіддачі, віднесений до різниці вологовмісту (тиску, ентальпії), кг/м2с; *Кh*- загальний коефіцієнт тепломасопереносу, кг/м2с; *RS*– сумарний термічний опір, м2с/кг; *N* - число одиниць перенесення; *А* - відносний ефект інтенсифікації; *А\*-* відносна ефективність процесу; РН - регулярна насадка: РНІ – «прямий подвійний риф», РНІІа– «косий подвійнийй риф» (Al), РН ІІІ- «прямий косий риф», РН ІV- «косий подвійний риф» (ПВХ); РШ - регулярна шорсткість.  Індекси: г- газ; р- рідина; - параметр за температури рідини на поверхні розділу фаз tр''; \*- параметр за температури ядра рідини tр. | |