**Кузьменко Ігор Миколайович. Гідродинаміка та тепломасообмін в протитоковому контактному випаровувачі з сітчастою гофрованою насадкою: дисертація канд. техн. наук: 05.14.06 / Національний технічний ун-т України "Київський політехнічний ін- т". - К., 2003**

|  |  |
| --- | --- |
| |  | | --- | | **Кузьменко І.М. Гідродинаміка та тепломасообмін в протитоковому контактному випаровувачі з сітчастою гофрованою насадкою.** - Рукопис.  Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.14.06 - технічна теплофізика та промислова теплоенергетика. - Національний технічний університет України “Київський політехнічний інститут”, Київ, 2003.  На основі експериментальних досліджень гідродинамічного опору та ТМО в протитоковому контактному випаровувачі з сітчастою гофрованою насадкою, наведено рекомендації по інтенсифікації досліджених процесів та розроблено методику їх розрахунку.  Експериментально встановлено, що критична швидкість “захлинання” насадки залежить від густини зрошення та еквівалентного діаметра насадки.  Досліджено, що суцільність плівки залежить від густини зрошення та характеристик зрошувача, а гідравлічний опір та інтенсивність процесів тепломасообміну залежать від висоти насадки, її еквівалентного діаметру, температури та швидкості повітря за суцільної плівки на насадці. В роботі наведено узагальнюючі залежності для розрахунку швидкості початку захлинання, гідродинамічного опору та ТМО. Встановлено, що ефективність процесів ТМО на дослідженій насадці вища, ніж у аналогів.  В результаті, на основі відомої напівемпіричної моделі, розв’язаної за нових граничних умов з використанням отриманих експериментально коефіцієнтів ТМО, створено методику розрахунку контактного випаровувача, яку впроваджено на ДП Науково-виробничий комплекс газотурбобудування “Зоря”-“Машпроект”. | |
| |  | | --- | | В роботі виконано нове вирішення наукової проблеми, яка полягає в інтенсифікації процесів тепломасообміну та зниженні гідравлічного опору в протитоковому контактному випаровувачі за рахунок застосування нової сітчастої гофрованої насадки. Вирішення проблеми заключається в пошуку і розробці насадки з більш ефективними геометричними характеристиками, у створенні суцільного плівкового руху по її поверхні а також у вивченні та аналізу впливу на процеси параметрів теплоносіїв. Результатом вирішення є розробка методики розрахунку контактних випаровувачів з новою сітчастою гофрованою насадкою. Застосування таких випаровувачів в неізотермічних процесах (зокрема на ГПТУ “Водолій”) дозволяє повернути в цикл низькопотенційну теплоту відпрацьованих газів.  Основні результати та висновки, отримані за результатами проведеної роботи, заключаються в наступному:   1. Досліджена нова сітчаста гофрована насадка має розвинуту поверхню контакту теплоносіїв в одиниці об’єму (до 550 м2/м3), що майже вдвічі більше ніж у плоско-паралельної насадки (ППН), чи кілець Рашига і відповідає насадкам фірми “Sulzer” (Зульцер). Але порівняно з насадками фірми “Sulzer” (Зульцер) вона має вищі тепломасообмінні показники. Технологія виготовлення нової насадки є більш досконалою, ніж у сітчастих насадок з циліндричними та трапецієвидними каналами. 2. Експериментально досліджено гідравлічні характеристики контактного апарату з сітчастою насадкою в широкому інтервалі значень геометричних та режимних параметрів (висота Н =40185 мм, еквівалентний діаметр dе= 4,67,5 мм, розмір вічка сітки S =0,20,9 мм, кут нахилу гофрів до вертикалі j = 318, густина зрошення Г 16 г/(мс), швидкість газу W 3,5 м/с). 3. Встановлено, що мінімально допустима густина зрошення насадки, визначена на основі відповідності гідродинамічних режимів між повністю зрошеною сітчастою смугою та сітчастою насадкою для обраного струминного зрошувача з 1 отвором на 58 мм периметра, складає Г = 68 г/(мс). 4. Встановлено, що в діапазоні початкових температур повітря 80150 С та за швидкості W = 1,42 м/с інтенсивність випаровування плівки в залежності від розміру вічка сітки насадки S знаходиться в межах експериментальної похибки, що вказує на відсутність значного впливу S на процеси тепломасообміну. Також експериментально встановлено, що збільшення кута нахилу гофрів з 3 до 18 призводить до 12 % зростання інтенсивності випаровування. Разом з цим зростання еквівалентного діаметра dе від 4,6 до 7,5 мм при сталій швидкості повітряного потоку (середня швидкість повітряного потоку W = 1,0 м/с) та густині зрошування (Г = 6 г/(мс) призводить до зростання інтенсивності випаровування з поверхні насадки майже на 50 % та до зниження кінцевого вологовмісту повітря на 10 %. А зростання висоти насадки в діапазоні Н=40185 мм призводить до зменшення інтенсивності випаровування рідини в 4 рази та збільшення кінцевого вологовмісту на 15-20 %. Таким чином, основними геометричними параметрами є висота насадки та її еквівалентний діаметр. 5. Порівняння показало, що нова сітчаста гофрована насадка має на 40 % кращі теплообмінні показники, ніж насадка ВХ фірми Зульцер і в 5 разів кращі, ніж ППН та вдвічі кращі, ніж насадка з кілець Рашига. Узагальнення експериментальних результатів, проведене в критеріальному вигляді справедливе в діапазоні Reпов = 2001000, Pr = 0,69, Н = 40185 мм, dе = 4,67,5 мм. 6. Експериментально встановлено, що збільшення швидкості повітряного потоку від 0,6 м/с до 2,7 м/с призводить до приросту питомого аеродинамічного опору Dр/Н насадки в 15 разів. Наступні дослідження показали, що із збільшенням діаметру дроту від d= 0,12 до 0,4 мм Dр/Н насадки збільшується приблизно в 1,5 рази в дослідженому діапазоні швидкостей повітря. Також Dр/Н збільшується в 2,5 рази зі збільшенням кута нахилу гофрів j від 3 до 18. Збільшення еквівалентного діаметру від 4,6 до 7,6 мм зменшує Dр/Н в 2,5. Зростання густини зрошування з 6,5 до 15 г/(мс) викликає зростання гідравлічного опору насадки на 70 %. Разом з тим отримано критеріальне рівняння для розрахунку гідравлічного опору нової сітчастої гофрованої насадки, яке справедливе в діапазоні: Reпл = 2464, d = 0,120,40 мм, Н = 40185 мм, dе = 4,67,5 мм. При цьому Reпов складає від 200 до значення, що лімітується критичною швидкістю Reкр =Wкрd/n, яка відповідає початку “захлинання” насадки. 7. Порівняння питомого опору насадки для W = 2 м/с з відомими даними свідчить, що опір дослідженої сітчастої насадки (кут нахилу гофрів до вертикалі j = 3, висотою Н = 100 мм, виготовленої з сітки з дротом діаметром d = 0,25 мм) майже вдвічі перевищує питомий опір ППН, проте на порядок менший за опір гофрованих насадок і відповідає опору близької за конструкцією сітчастої насадки з циліндричними каналами. 8. Критична швидкість визначалася за мінімумом коефіцієнта x гідравлічного опору при зростанні безрозмірної швидкості повітря Re. Також встановлено, що з ростом еквівалентного діаметра від 4,6 до 7,5 мм критична швидкість Wкр зростає на 60 %, а зростання густини зрошення з 6 до 15 г/(мс) призводить до зменшення Wкр на 30 %. Рівняння, що узагальнює дослідні дані справедливе в наступному діапазоні: Fr = 0,0130,035, We = 0,1310,148, Ga = 2,39105. 9. Встановлено, що критична швидкість в дослідженій насадці перевищує на 20 % швидкість для сітчастої насадки з циліндричними та трапецієвидними каналами а також критичну швидкість в гофрованій насадці з гладких листів, що вказує на її конструкційні переваги. 10. Розроблена методика розрахунку контактного випаровувача з запропонованою насадкою на базі відомої математичної моделі Гешева-Якубовського, що найбільш коректно описує процеси тепломасообміну на подібних насадках. Модель побудована на диференційних рівняннях переносу тепла і маси, але для запропонованої нами насадки вона розв’язана з іншими граничними умовами. Зокрема з іншими напрямками теплових потоків і іншими значеннями граничних параметрів. 11. Розв’язок математичної моделі з іншими граничними умовами порівнювався з експериментальними даними як для ізотермічного, так і неізотермічного руху плівки. При цьому отримано, що розходження між аналітичними та експериментальними кінцевими температурами повітря та плівки не перевищує 12 %, а між аналітично та експериментально отриманими кінцевими вологовмістами повітря не перевищує 23 %. На основі відкоректованої математичної моделі побудовано методику розрахунку контактного випаровувача з сітчастою насадкою. 12. Застосування досліджених апаратів в складі ГПТУ типу “Водолій”, зменшує температуру відпрацьованих газів зі 165 до 120 С, що поглиблює їх утилізацію, за рахунок чого збільшується ККД установки на 3 % абсолютних і одночасно при цьому зменшується теплове навантаження конденсатора. | |