

УДК536.24; 62.971

Б.В.Олійник, студент, **А.С. Гавриш**, к.т.н., доцент
Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»
Теплоенергетичний факультет, кафедра Теоретичної і промислової теплотехніки

ОСОБЛИВОСТІ БУДОВИ І ФУНКЦІОНУВАННЯ КОЖУХОПЛАСТИНЧАСТИХ ТЕПЛООБМІННИХ АПАРАТІВ

Анотація -Сучасний кожухопластинчастий теплообмінник являє собою рішення, яке поєднує конструкцію традиційного кожухотрубного теплообмінника і деякі деталі з обмеженнями кутового з'єднання пластин. Таке поєднання конструкції забезпечує термічну ефективність і компактність теплообмінника з каркасно-пластинчастою системою. Випробування також довели можливість роботи кожух пластинчастих теплообмінників в умовах різних рідин, газів, парів і двофазних сумішей .

Ключові слова – кожухопластинчастий теплообмінник, теплообмін, рифлені пластини.

B.V.Oliynyk student, **A.S. Gavrish**, Ph.D., Associate Professor
National technical University of Ukraine "Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute"
Heat power faculty, Department of Theoretical and industrial heat engineering.

ABOUT FEATURES OF CONSTRUCTIONS OF LIPBOARD HEAT EXCHANGERS AND THE PERSPECTIVES OF THEIR APPLICATION

Annotation— Modern housing plate heat exchanger is a solution that combines traditional design casing pipe heat exchanger and some details limited angular connection plates. This combination of design provides thermal efficiency and compactness of the heat exchanger of the frame-plate system. The test also demonstrated the ability to work jacket heat exchangers under different liquids, gases, fumes and two-phase mixtures.

Key words –.casing lamellar heat exchanger, heat exchange, corrugated plates

Вступ

Від 20 до 70% теплової енергії, отриманої від спалювання палива, не доходять до споживача через втрати в теплоенергетичних установках і теплових мережах. Для надійного функціонування систем теплопостачання важливою є безперебійна робота всіх її елементів. Досягається це крім інших напрямків також шляхом підготовки теплоносія високої якості. На сьогодні вода є найбільш доступним і розповсюдженим теплоносієм у теплоенергетиці. Недотримання вимог її якості для живлення теплообмінних елементів систем призводить до утворення накипу і відкладень на внутрішніх поверхнях котельних агрегатів, теплообмінників, випаровувачів, підігрівачів

Аналіз стану питання

Основною конструкцією кожухопластинчастих апаратів, яку розрізняють в першу чергу, є цілком зварена конструкція. Трохи рідше оперують з конструкцією із кришкою при одноходовому русі по стороні пластин. Завдяки наявності кришки в таких апаратах можна діставати пакет пластин, оглядати їх і чистити. Також в цьому випадку можна домогтися компактності конструкції - помістити вхідний і вихідний патрубки кожуха на передній кришці.

Рух потоків можна створити за принципом прямого, протитоку і перехресного току. Приклад конструкції одно-, дво- і багатопотокового апарату.

Мета роботи

Дослідити особливості теплообміну сучасних теплоносіїв в кожухопластинчастих теплообмінниках порівняти кожухопластинчастий теплообмінник з кожухотрубними та пластинчастими апаратами і довести, що хороший опір до температурної втоми і втоми до тиску робить його поза конкуренцією перед вище згаданими теплообмінниками.

Результати досліджень

Теплоносії повинні бути недорогими, досить представленими в вітчизняних ресурсах, зручними при транспортуванні, стабільними в процесі тривалої роботи, володіти високою щільністю і теплоємністю, можливо великим коефіцієнтом теплопровідності і теплотою фазового переходу, малою в'язкістю [1]. Теплоносії класифікуються за призначенням, агрегатним станом і діапазоном робочих температур. За призначенням розрізняють гарячий теплоносій, охолоджуючий теплоносій (холодоносій), проміжні тепло- і холодоносії, холодоагенти (робоче тіло в холодильних циклах), сушильний агент та інші. За агрегатним станом теплоносії бувають однофазні та багатфазні (частіше двофазні). До однофазних відносяться низько-температурна плазма (полум'я), гази (в тому числі - димові), некондінсуючі пари і їх газові суміші, некиплячі і невиспаровуючі при робочому тиску рідини і їх суміші (розчини), тверді сипучі матеріали. До двофазних і багатфазних теплоносіїв відносяться киплячі, виспаровуючі і розпорошуючі газом рідини, пари, що конденсуються і парогазові суміші, що плавляться і затвердіваючі тверді речовини, газосуспензії, аерозолі, емульсії та інші заповнені газові потоки. За діапазоном робочих температур виділяють високотемпературні, середньотемпературні, низькотемпературні теплоносії і теплоносії, що застосовуються при криогенних процесах. До високотемпературних газоподібних теплоносіїв відносять димові або топкові гази. Їх температура може досягати 1500 °С. До високотемпературних теплоносіїв у вигляді крапельних рідин прийнято відносити речовини, температура кипіння яких за атмосферним тиском перевищує 200 °С. Це мінеральні масла, дифенільні з'єднання, гліцерин, розплави солей, рідкі метали та інші. До середньотемпературних теплоносіїв, в першу чергу, відносять водяну пару, воду і повітря. Пара використовується при температурах до 650 °С, вода - до 375 °С, повітря - до 100 °С. Низькотемпературними теплоносіями прийнято вважати такі, температура кипіння яких за атмосферним тиском, зазвичай не перевищує 0 °С. До них перш за все відносять холодильні агенти. Криогенними 17 теплоносіями називають зріджені гази (кисень, водень, азот, повітря та інші) та їх пари. Область їх застосування лежить нижче мінус 150 °С.

Найбільш поширеними в тепломасообмінних установках є газоподібні і рідкі теплоносії, а також водяна пара. Найчастіше в якості газоподібних теплоносіїв використовують повітря Табл.1, димові і топкові гази. Ці теплоносії, володіючи незаперечними перевагами, проте мають суттєві недоліки: низьку теплоємність і малу щільність. Тому коефіцієнти тепловіддачі від газового потоку до стінки порівняно невеликі, близько 10 – 100 Вт/(м²°С), і такі теплообмінні апарати мають велику поверхню теплообміну, значні витрати потужності на прокачування теплоносіїв і виходять вельми громіздкими. На противагу газовим теплоносіям вода за своїми фізичними і термодинамічними властивостями істотно відрізняється від них, маючи високу теплоємність і велику щільність. Коефіцієнти тепловіддачі від води до стінки в робочому діапазоні швидкостей потоку становлять величину 1000 - 15000 Вт/(м²°С). Тому теплообмінні апарати виходять більш компактними, вимагають значно менших поверхонь нагріву і витрат потужності на прокачування теплоносіїв в порівнянні з теплообмінними апаратами з газоподібними робочими середовищами. Істотний недолік води як теплоносія полягає в тому, що температура кипіння досить низька.

Підвищення температури кипіння пов'язано зі збільшенням тиску, що ускладнює конструкцію теплообмінного апарату. Тому вода використовується в теплообмінних апаратах як низькотемпературний теплоносій, головним чином для цілей опалення, охолодження робочих середовищ в технологічних процесах виробництва. Водяна пара як теплоносій широко використовується в якості гріючого середовища в теплообмінних апаратах різного призначення. При конденсації водяної пари коефіцієнти тепловіддачі зазвичай знаходяться в межах 3000 - 15000 Вт

Таблиця 1 - Залежність швидкості потоку від виду теплоносія

Вид теплоносія	Швидкість потоку, м/с
В'язкі рідини	<1
Малов'язкі рідини	1-3
Запиленні гази	5-10
Чисті гази	10-15
Насичений пар	30-50

Для оцінки ефективності застосування того чи іншого теплообмінника необхідно розглянути і порівняти вплив режимних параметрів роботи апарату. Шуканими параметрами будуть ті, що входять в загальне рівняння тепловіддачі, тобто включені в числа і критерії подібності такі, як Re, Pr, Gr, Ga тощо. При цьому необхідно враховувати, що деякі параметри являються визначальними, а решта - залежними від них.

Фактично при проведенні експерименту, побудові моделі, або при управлінні робочим процесом промислового апарату можливо міняти певні величини. До них відносять геометричні параметри та конструктивні особливості; робоче середовище, в т.ч. можливі добавки; початковий тиск і витрату середовища. Від цих величин залежать щільність теплового потоку q , швидкість руху робочого середовища W та ін. (див.Табл 2)

Таблиця 2. Значення середнього коефіцієнта теплопередачі в різних теплотехнічних апаратах

Процес теплопередачі	k , Вт/(м ² ·°С)
Від газу до газу (пластинчасті ТОА із вільним рухом середовищ)	10-25
Від газу до газу (будь-які ТОА з примусовим рухом середовищ)	20-50
Від газу до води (панельний повітряний теплообмінник)	60
Від газу до води (любі ТОА із примусовим рухом газу)	50-100
Від води до води (теплообмінники із рухом води по трубкам)	500 - 700
Від води до води (пластинчатий теплообмінник)	1000-1200

Від водяної пари, яка конденсується, до масел (горизонтальний кожухотрубний конденсатор)	~ 350
Від водяної пари, яка конденсується, до води (горизонтальний кожухотрубний конденсатор)	2900 - 3000
Від аміаку, який конденсується, до води (горизонтальний кожухотрубний конденсатор типу КТГ)	700-1000
Від аміаку, який конденсується, до води (вертикальний кожухотрубний конденсатор типу КТВ)	~ 1000
Від фреону, який конденсується, до води (горизонтальний кожухотрубний конденсатор)	- 700

На сучасному ринку теплотехнічного і теплоенергетичного обладнання з'явилися кожухопластинчасті теплообмінні апарати різних виробників. Одним із представників такого обладнання є теплообмінні системи PSHE droplet separator. Теплообмінник-випарник, що складається із зварених сепаратора і трубної системи, яка відокремлює вологу і віддає її назад на випаровування. Теплообмінник PSHE є яскравим представником кожухопластинчастих апаратів. Теплообмінник може бути цілком зварений, або зі знімним фланцем. Теплообмінник PRHE фактично є представником пластинчато-кільцевої конструкції. Особливістю цілком звареної конструкції апарата є великий отвір по центру розташування пластин в кожусі. Середовище на стороні кожуха має характерний радіальний рух. Це унікальні пластинчасті теплообмінники, стійкі до високого тиску. Застосовуються в процесах конденсації, або випаровування при роботі з однофазними середовищами (див.Табл. 3). Незаперечною перевагою таких теплообмінників є простота конструкції і повний доступ до поверхні теплообміну

Таблиця 3. Порівняльна характеристика різних типів теплообмінників

Параметр	Одиниці вимірювання	Вид ТОА				
		Кожухотрубні	Спіральні	Розбірні пластинчасті	Паяні пластинчасті	Кожухопластинчасті
Вага	кг	1000	800	500	300	400
Об'єм	м³	1.0	0.7	0.4	0.2	0.2
Тип теплоносія	-	Рідина/рідина рідина/газ газ/газ	Рідина/рідина рідина/газ газ/газ	Рідина/рідина пара/рідина	Рідина/рідина рідина/газ	Рідина/рідина рідина/газ
T _{max}	°C	300	300	-10/150	-40/220	-196/400
P _{max}	бар	~200	~16	~25	~40	~100
Тип	-	Труби	Плоскі пластини	Профільні пластини	Профільні пластини	Профільні пластини
Коефіцієнт К	$\frac{Вт}{м^2 \cdot K}$	200-1500	600-2500	Максимум 6000	Максимум 6000	Максимум 6000

Загальний вигляд рівнянь тепло- і масопереносу збігається, але для опису масовіддачі використовуються дифузійні критерії і числа подібності. Прийнято спрощувати критеріальні рівняння для можливості їх легкого використання в інженерних розрахунках. У такому випадку вплив поля зовнішніх масових сил позначається побічно, через зміну характерної швидкості потоку в числі Re.

З іншого боку, багато дослідників дотримуються принципу найбільш точного наукового опису досліджуваного процесу. Зазвичай це приводить до необхідності введення в критеріальне

рівняння додаткових множників, які дозволяють точніше врахувати характеристики досліджуваного процесу

ВИСНОВКИ

1. При збільшенні висоти гофрування, інтенсивність теплообміну поліпшується. Таким чином, виходячи з ряду формул, можна стверджувати, що коефіцієнт теплопередачі зростає і, для отримання потрібного теплового навантаження, необхідна площа теплопередачі є меншою.

2. За такого підходу створюється можливість для досягнення ефекту вирівнювання швидкостей в каналах. Як наслідок, може бути досягнуто зменшення площі поверхні теплопередачі апарату. В свою чергу, це призводить до оптимізації показника співвідношення ціна - якість.

3. Це дозволяє проектувати теплообмінники з меншою поверхнею пластини, але з великим їх числом.

4. Порівняно з кожухотрубними, кожухопластинчасті апарати мають більш складну форму поверхні теплообміну, що забезпечує турбулентний рух середовищ в щілинних каналах. При цьому знижується темп відкладення забруднень на стінках каналів і має місце високий коефіцієнт теплопередачі $K = 1900-5000 \text{ Вт/(м}^2 \cdot \text{°C)}$. Мінімальний перепад температури між теплоносіями може досягати 1-2 °C.

Література

1. Процессы и аппараты химической промышленности / П.Г. Романов, М.И. Курочкина, Ю.Я. Можжерин и др. – Л.: Химия, 1989. – 560.
2. Кожухопластинчатый теплообменник [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <http://lhengineering.ru>.
3. Гавриш А.С. Особенности механизма капельной конденсации и перспективы применения нанотехнологий // Тепловые процессы в технике. - 2010. - Т.2, №10. - С.461-465.
4. Кириллов А.И., Рис В.В., Смирнов Е.М. Численное моделирование турбулентного течения и теплообмен в трубе с ленточным завихрителем // Труды ИРХТ. Москва, 26-30 окт. 1998г., Т.6: Интенсификация теплообмена. – М.: Издательство МЭИ, 1998. – С.132-136.
5. Гавриш А.С., Урошлев В. В. Про використання сучасних трибосистемних покриттів в конденсаторах / III Науково-технічна конференція „ЕНЕРГЕТИКА. ЕКОЛОГІЯ. ЛЮДИНА.” Збірник наукових праць, м. Київ, 24-25 травня 2011 р. – 2011. - № СЗ-3. – С.323-327.