

**ОСОБЛИВОСТІ ТЕПЛООБМІНУ У ПЛАСТИНЧАТИХ
ТЕПЛООБМІННИКАХ З РОЗЧИНАМИ ПАР У ЯКОСТІ ТЕПЛОНОСІЯ**

*КНУБА, Україна
Корпорація «Укртеплоенерго», Україна*

У статті описано проблеми пов'язані з утворенням накипу на теплообмінних поверхнях. Розглянуто вплив водних розчинів ПАР на процеси теплообміну в пластинчастих теплообмінних апаратах.

Рівень підготовки води для систем тепlopостачання суттєво впливає на ефективність їх роботи. Від того, наскільки якісно готується теплоносій залежить надійність роботи всіх елементів систем тепlopостачання - котлів, теплообмінників, арматури, трубопроводів, що пов'язано з розвитком корозійних процесів і утворенням твердих відкладень на поверхнях елементів.

Відкладення твердих речовин, в основному солей жорсткості, у зв'язці із завислими продуктами корозії та іншими механічними компонентами, які містяться у воді, призводить до погіршення процесів теплообміну у котлах та теплообмінних апаратах. За різними оцінками шар відкладень товщиною 1 мм в залежності від їх складу призводить до перевитрати палива від 3 до 25 %. Наявність корозійно-активних кисню та двоокису вуглецю у воді з одного боку призводить до корозійних пошкоджень елементів теплових мереж, а з іншого через появу продуктів корозії до більш інтенсивного зростання шару відкладень.

Для теплообмінників, які працюють у системах тепlopостачання, характерні забруднення типу накипу та завислих речовин, причому переважає осадження останніх, які циркулюють разом з теплоносієм і представляють собою переважно продукти корозії. При нагріванні води для систем гарячого водопостачання переважає утворення накипу.

Термічний опір залежить від складу відкладень і їх структури. За даними досліджень [1] при однаковій товщині шару відкладень його термічний опір може коливатись від 0,0002 до 0,0125 м² К/Вт.

Спеціальні дослідження щодо механізму зростання відкладень показали, що швидкість збільшення товщини відкладень пов'язана з інтенсивністю теплообмінних процесів на поверхнях нагріву. Інший фактор, що сильно впливає на темпи зростання відкладень - це величина дотичних напружень у пристінному шарі, які, в свою чергу, залежать від швидкості руху теплоносія. В результаті такого механізму швидкість відкладень може змінюватись у часі, що утруднює прогнозування зміни теплопередачі і гідравлічного опору теплообмінних апаратів у період експлуатації і примушує проектувальників закладати у розрахунки зменшенуючі коефіцієнти на забруднення $\phi \leq 1$ при визначенні теплопередачі, що веде до збільшення площі теплообмінних

поверхонь. Однак збільшення площі теплообміну веде до підвищення кількості каналів у теплообміннику, що призводить до зменшення швидкості теплоносія, а це несе за собою падіння дотичних напружень і як результат – зростання шару відкладень. Зрештою це змушує експлуатаційників висувати більш жорсткі вимоги до якості води і частіше зупиняти теплообмінні апарати для очищення від відкладень. Періодичність чистки теплообмінників сильно залежить від складу води і стану теплових мереж, якості звільнення води від кисню та двоокису вуглецю [2].

В даний час боротьба з утворенням відкладень ведеться найчастіше хімічними методами, шляхом видалення з води накипоутворюючих речовин. Фізичні методи пов'язані із впливом зовнішніх фізичних факторів на теплоносій і застосовуються не так активно через відсутність надійних універсальних технологій та теоретичного обґрунтування. Опис фізичних процесів, що відбуваються у подібних технологіях, поки що існує тільки на рівні гіпотез. З видаленням з води агресивних газів все навпаки – головний метод фізичний – деаерація, а хімічні тільки розвиваються. Як фізичні так і хімічні методи мають свої переваги і недоліки, тому постійно продовжуються пошуки нових методів підготовки води для систем тепlopостачання.

Останнім часом загострився інтерес до методу модифікації теплоносія, що носить ознаки як хімічного, так і фізичного методів – додавання поверхнево-активних речовин у теплофікаційну воду. Поверхнево-активні речовини (ПАР) в теплоенергетиці давно були відомі як високоефективні інгібітори корозії. Однак нещодавно почалися дослідження з використання ПАР для боротьби з накипоутворенням. Механізм захисту поверхні однаковий і від впливу розчинених у воді агресивних газів, і від накипоутворення. Поверхні металевих елементів системи тепlopостачання захищає плівка ПАР – так званий «частокол Ленгмюра» [3,4]. Використання ПАР призводить до зменшення гідравлічного опору турбулентних течій у циліндричних каналах, що пояснюється двома причинами: зменшенням шорсткості поверхонь металевих елементів за рахунок появи «частоколу Ленгмюра» та зменшенням ступеня турбулентності течії розчинів ПАР [5,6]. Однак в цих же дослідженнях виявилось, що інтенсивність теплообміну падає. Пояснення цьому знаходяться у значному зменшенні турбулентних пульсацій у пристінковому шарі течії та збільшенні товщини ламінарного першого прошарку [7]. Так, в роботі [8] показано, що головна різниця у числі Шервуда Sh для течій у гладких трубах для води та слабого розчину ПАР – це показник степеню числа Рейнольдса Re у рівнянні (1)

$$Sh = \frac{kd}{\ddot{A}} = Sc^n Re^m A, \quad (1)$$

де k - коефіцієнт масопереносу;

d - діаметр труби;

\ddot{A} - коефіцієнт дифузії

$Sc = \frac{\nu}{\ddot{A}}$ - число Шмідта.

Для чистої води рівняння має коефіцієнти $A = 0,0133$; $n=0,33$; $m=0,725$, а для слабого розчину ПАР $A = 0,015$; $n=0,33$; $m=0,88$.

Однак результати цих досліджень неможливо прямо використовувати для прогнозування процесів теплообміну та гідродинаміки у пластинчатих теплообмінниках при використанні слабких розчинів ПАР для захисту від корозії та накипоутворення. Канали в цих теплообмінниках сильно відрізняються від циліндричних труб, в яких проводились наведені вище експерименти. У трубчатому каналі можливо чітко виявити турбулентне ядро течії і пристінний граничний шар з ламінарним прошарком біля самої стінки. При цьому коефіцієнт тепловіддачі і гідравлічний опір сильно залежить від структури саме граничного шару. Тому шорсткість поверхні стінки впливає через структуру граничного шару на гідравлічний опір каналу. У слабких розчинах полімерів гідравлічний опір каналу описується виразом

$$\Delta p = \lambda \frac{l}{d} \frac{\rho w^2}{2} \quad (2)$$

де: Δp – перепад тиску, Па;

λ – коефіцієнт гідравлічного тертя;

l – довжина трубопроводу, м;

d – діаметр трубопроводу, м;

ρ – густина рідини, кг/м^3 ;

w – швидкість течії рідини, м/с.

З виразу чітко видно, що гідравлічний опір залежить від коефіцієнту гідравлічного тертя, який, у свою чергу, залежить від шорсткості стінок каналу.

Якщо плівка «частоколу Ленгмюра» заповнить нерівності стінки, зменшить таким чином шорсткість, то це призведе до зниження гідравлічного опору каналу, але одночасно збільшиться товщина ламінарного граничного прошарку, зросте його термічний опір і знизиться тепловіддача. Для пластинчатих теплообмінників картина процесів теплообміну і гідродинаміки інша. В каналах пластинчатих теплообмінників практично відсутнє центральне турбулентне ядро, яке відділяється від стінок каналу граничним шаром. Гофри пластини є штучними турбулізаторами течії у міжпластинчатому просторі. Вони зривають граничний шар разом із ламінарним прошарком, тому шорсткість самої стінки вже не має такого значення, як для циліндричного каналу. Це дає можливість прогнозувати, що «частокол Ленгмюра», який повинен з'явитись на стінках плоских каналів пластинчатих теплообмінників буде виконувати свою захисну функцію проти появи відкладень і дії корозійно-активних кисню та двоокису вуглецю. Але він не буде так сильно впливати на формування пристінного шару і через нього на теплообмін та гідродинаміку на поверхнях нагріву, як це має місце у трубчатих каналах.

З проведеного аналізу випливає такий висновок, що результати досліджень впливу ПАР на гідродинаміку і теплообмін у трубчастих каналах не можуть бути розповсюджені на процеси у плоских каналах з гофрованими стінками і для їх опису необхідні спеціальні дослідження.

ЛІТЕРАТУРА

1. *Серебряков В.А.* Оценка перерасхода топлива в котлах//Энергосбережение. – 2005.- №11.- С.11-16.
2. *Анилко О.Б., Арсеньева О.П.* Надежность пластинчатых теплообменных аппаратов систем отопления и горячего водоснабжения с учетом образования загрязнений на теплопередающей поверхности// Интегрированные технологии и энергосбережение, 2003. - №4.- С.9-13.
3. *Лукин М.В.* Автореферат дис. к.т.н. «Повышение эффективности эксплуатационных систем теплоснабжения на основе модификации теплообменных поверхностей с использованием поверхностно-активных веществ», М.: МЭИ, 2008 .
4. *Рыженков В.А, Куршаков А.В.* О повышении эффективности эксплуатации городских систем теплоснабжения на основе ПАВ-технологий.// Новости теплоснабжения.- 2007.- №12.- С. 45--47.
5. *Чащин И.П., Пьянков А.Г.* Исследование влияния органических добавок на гидравлические сопротивления и теплообмен в потоке ///ИФЖ. 1973. Т.25.№6. с.1101-1106.
6. *Пилипенко В.Н., Михайлер А.Г.* Механизм снижения сопротивления и тепломассообмен в турбулентных потоках с добавками различной природы//Тепломассообмен-VI. Минск: ИТМО АН БССР. 1980. Т.6.4.2.С.89-94.
7. *Иоселевич В.А., Пелипенко В.Н.* Конвективный теплообмен в турбулентных потоках жидкостей с полимерными добавками// Теплообмен.М.: ИТМО АН БССР. Вып. 5.1976. С.207-209.
8. *Филлипов Г.А., Салтанов Г.А.* Гидродинамика и тепломассообмен в присутствии ПАВ.- М.: Энергоатомиздат, 1988. -184с.

ОСОБЕННОСТИ ТЕПЛООБМЕНА В ПЛАСТИНЧАТЫХ ТЕПЛООБМЕННИКАХ С РАСТВОРАМИ ПАВ В КАЧЕСТВЕ ТЕПЛОНОСИТЕЛЯ

П. М. Гламаздин, К. О. Цыкал, А. Г. Даниленко

В статье описываются проблемы связанные с образованием накипи на теплообменных поверхностях. Рассмотрено влияние водных растворов ПАВ на процессы теплообмена в пластинчатых теплообменных аппаратах.

FEATURES OF HEAT TRANSFER IN PLATE HEAT EXCHANGERS FROM SOLUTIONS OF SURFACTANTS AS COOLANT

P. Glamazdin, K. Tsykal, A. Danilenko

The article describes the problems associated with the formation of scale on heat transfer surfaces. Considered the effect of surfactant additives on the processes of heat transfer in plate heat exchangers.