

УДК 621.1

ЗМІНА ТЕПЛОГІДРАВЛІЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ТЕПЛООБМІННОГО ОБЛАДНАННЯ ЗА ДОПОМОГОЮ ОКТАДЕЦИЛАМІНУ

Ломейко О.П., к.т.н., доц.*

Таврійський державний агротехнологічний університет

м. Мелітополь, Україна

Кулінченко В.Р., д.т.н., проф.,

Національний університет харчових технологій

м. Київ, Україна

Тел. (0619)-42-10-04

e-mail: alexdec1@rambler.ru

Анотація. Дослідним шляхом виявлено вплив під час застосуванні октадециламіну на теплообмін і динаміку паротворення при кипінні у великому об'ємі, що веде до зменшення лінійних розмірів парових бульбашок і частоти їх генерації. Додатки ОДА ведуть до утворення захисної плівки на поверхні теплообміну, що доцільно використовувати в режимі експлуатації і консервації теплового обладнання.

Ключові слова: кипіння, теплообмін, парова бульбашка, великий об'єм, октадециламін.

Постановка проблеми. Одним з шляхів підвищення економічності і надійності тепломасообмінного обладнання є введення в пароводяний контур установок поверхнево-активних амінів (ПАА), які за рахунок зміни фізико-хімічних властивостей робочого тіла і стану внутрішніх поверхонь устаткування впливають на структуру двофазних потоків, їх гідродинамічні і кавітаційні характеристики, інтенсивність тепломасообміну, підвищують корозійно-ерозійні захисні властивості металу, очищають забруднені поверхні від відкладень. Ефективність роботи теплотехнологічної установки залежить від характеру процесу паротворення. Вивченню

* Публікується по рекомендації: ак. МААО, д.т.н, проф.
Дідур В.А.

цього питання приділяється підвищена увага, проте під час кипіння чистих рідин і розчинів органічних речовин використовувався традиційний теплоносій – чиста вода, в той же час, як навіть мікродобавки ПАА здатні змінити поверхневий натяг двофазних систем і вплинути на процеси теплообміну [1]. У зв'язку з цим доцільне проведення комплексу досліджень по впливу мікродобавок поверхнево-активного аміну (зокрема, октадециламіну – ОДА – $C_{18}H_{37}NH_2$), які за рахунок зміни фізико-хімічних властивостей робочого тіла і стану внутрішніх поверхонь устаткування впливають на структуру двофазних потоків, їх гідродинамічні і кавітації характеристики, інтенсивність тепломасообміну, підвищують корозійно-ерозійні захисні властивості металу, очищають забруднені поверхні від відкладень.

Аналіз останніх досліджень. Ефективність роботи теплотехнологічних апаратів залежить від характеру процесу паротворення. Вивченню цього питання приділяється підвищена увага, проте у вказаній області досліджень як середовище зазвичай використовувався традиційний теплоносій – чиста вода, в той час, як навіть мікродобавки ПАА здатні змінити поверхневий натяг двофазних систем і вплинути на процеси теплообміну.

Мета дослідження. В зв'язку з цим доцільним шляхом виконаний комплекс досліджень впливу мікродобавок поверхнево-активного аміну (зокрема, октадециламіна – ОДА) на процес кипіння і динаміку паротворення в широкому діапазоні тиску і відносно невеликих теплових потоків, характерних для теплотехнологічних апаратів харчової, фармакологічної, хімічної та інших галузей промисловості. Представляє інтерес визначення концентраційних меж ефективного використання ПАА як для поліпшення теплообміну, так і для ефективного інгібування поверхонь нагріву від корозії. Запропонована методика виконання роботи і результати лабораторних досліджень по впливу малих добавок ОДА на процеси паротворення і теплообміну при кипінні у великому об'ємі в широкій області тиску і теплових навантажень.

Основна частина. Експерименти в області тиску p в межах 100 кПа проводилися на дослідній установці, схема якої наведена на рис. 1. Нагрівальним елементом була мідна горизонтальна трубка $d = 3,4 \cdot 10^{-2}$ м, $l = 0,12$ м, обладнана всередині електричним нагрівачем. Динаміка паротворення вивчалася за допомогою швидкісної кінозйомки в двох проекціях. Діапазон

досліджуваних параметрів: тепловий потік $q = 40\text{--}120 \text{ кВт/м}^2$; концентрація ОДА $C = 0,3\text{--}70$ міліграм/кг. Досліди показали, що при добавках ОДА в киплячу воду перепад температур стінка – рідина ΔT зменшується, але коефіцієнт тепловіддачі від поверхні до середовища зростає. Інтенсивність тепловіддачі залежить як від теплового потоку – q так і концентрації ОДА (C , міліграм/кг). З графіка (рис. 2) виходить, що існує деяка оптимальна концентрація ОДА – $C_{\text{опт}}$, якій відповідає максимальний приріст тепловіддачі. Значення $C_{\text{опт}}$ визначається тепловим потоком і розташовується для досліджених умов в діапазоні $C \approx 3\text{--}10$ міліграм/кг.

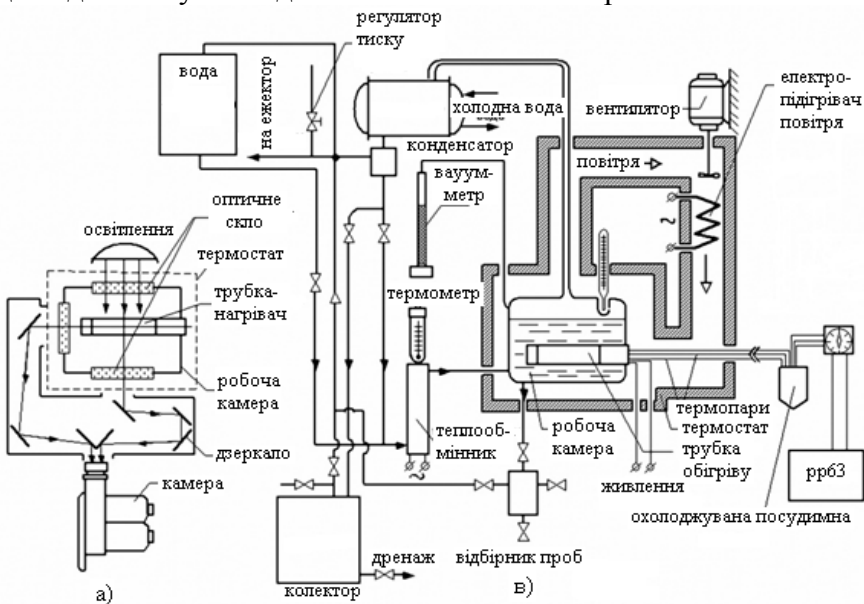


Рисунок 1- Принципова схема дослідної установки

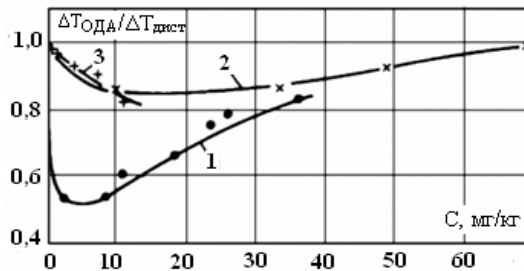


Рисунок 2 - Вплив концентрації ОДА на тепловіддачу за $p=100$ кПа: 1–3 – q відповідно 40, 80 і 120 кВт/м^2 ; $\Delta T_{\text{дист}}$ – температурний напір під час кипіння дистилату

При добавці ОДА змінюється динаміка паротворення – відбувається зменшення відривного діаметру міхурів (D_B) і збільшення їх частоти пароутворення (f) (рис. 3).

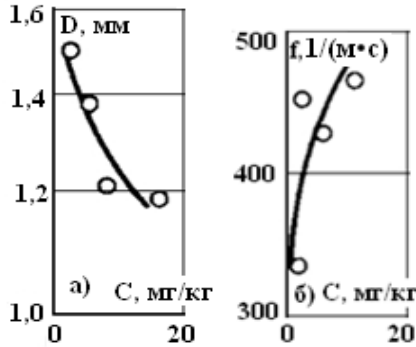


Рисунок 3 - Вплив концентрації ОДА на відривний розмір (а) і відносну частоту генерації парової фази (б) при $p=100$ кПа і $q=40$ кВт/м²

Бічні стінки посудини, в якій відбувалося кипіння, були виконані з оптичного скла, що давало можливість візуально досліджувати зміну динаміки паротворення при різних концентраціях ПАА в об'ємі рідини. Аналіз кінограм дозволяв визначити середню швидкість росту парової бульбашки dR/dt ; максимальний розмір бульбашки $R_{\text{макс}}$; час зростання бульбашки t_p ; час очікування t_o (коли бульбашка відсутня на поверхні) і частоту генерації парової фази f .

На рис. 4 наведені дані з кінетики зростання парових бульбашок при кипінні водних розчинів ОДА різної концентрації. Видно, що із зростанням концентрації ОДА зменшується максимальний розмір бульбашок $R_{\text{макс}}$, що генеруються. Одночасно відбувається зменшення часу зростання бульбашок t_p , а час очікування t_o знижується практично до нуля. Частота відриву бульбашок $f=(t_p+t_o)^{-1}$ істотно збільшується із зростанням концентрації ОДА в розчині. Максимум частоти відриву бульбашок відповідає концентрації, за якої розчин ОДА переходить у фазу міцели. Аналіз кінокадрів дозволяє зробити ще один важливий вивід: при кипінні чистої води, що генеруються теплообмінною поверхнею бульбашки витягнуті в горизонтальному напрямі ($R_x/R_y \approx 2$), тоді як в присутності

ОДА вони мають сферичну форму. На другій установці виконано дослідження впливу добавок ОДА на інтенсивність теплообміну і критичні теплові потоки під час кипіння в діапазоні тиску $p=0,07\dots0,5$ МПа. Схема цієї установки наведена на рис. 5.

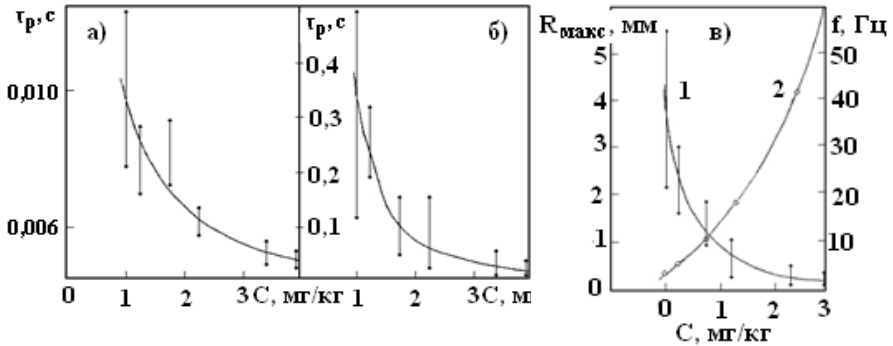


Рисунок 4 - Кінетика кипіння водяних розчинів ОДА: а) час росту, б) час очікування, в) максимальний розмір парових бульбашок і частота генерації ($p=100$ кПа, $q=40$ кВт/м²)

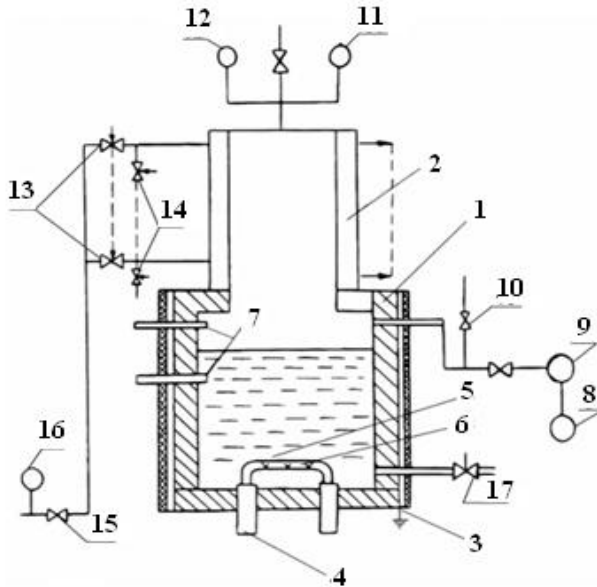


Рисунок 5 - Схема кип'ятильної частини дослідної установки: 1 – кип'ятильна посудина; 2 – підвід струму; 3 – поверхня нагріву; 4 – регулювання системи нагріву; 5 – дослідна ділянка; 6 і 7 – термопари; 8–10 – вакуумна система; 11, 12 і 16 – манометри; 13–15 – вентилі

Дослідні дані наведені на рис. 6 у вигляді часової залежності $\alpha = Cq^n$, де α , Вт/(м²·К) – коефіцієнт тепловіддачі; q , кВт/м² – густина теплового потоку, C і n – сталі величини. Дозування ОДА виконувалося періодично.

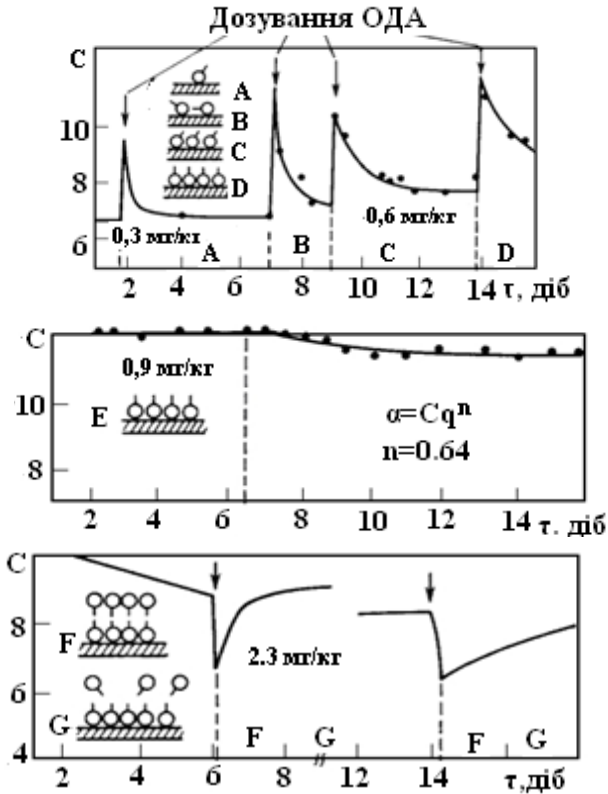


Рисунок 6 - Результат дослідження впливу дозування ОДА на теплообмін під час кипіння ($p=70$ кПа)

Аналіз отриманих даних дозволяє зробити наступні висновки. При одноразовій дозирівці ОДА, внаслідок підвищення його концентрації у розчині частина молекул ОДА приводить до значного підвищення коефіцієнта тепловіддачі α , адсорбуючись на поверхнях концентрація ОДА в розчині зменшується, що призводить до зменшення α . (Ця обставина веде до певного зменшення α . але все ж чисельне значення залишається більшим, ніж для випадку кипіння чистої води).

Періодичне дозування ОДА веде до поступового насичення поверхні теплообміну молекулами ОДА і збільшення його концентрації в об'ємі рідини. При досягненні оптимальної концентрації, яка залежить від тиску, густини теплового потоку, матеріалу і стану поверхні, можна досягнути підвищення рівня тепловіддачі приблизно до 50% (рис. 6,E). Передозування ОДА може привести до утворення подвійних і багатошарових молекул ОДА на поверхні теплообміну. Стійкість цього шару тягне за собою короточасне зменшення коефіцієнта тепловіддачі, але цей шар поступово руйнується і тепловіддача стабілізується (рис. 6,F).

Важливим фактом є те, що при довготривалій експлуатації поверхні теплообміну в умовах кипіння з добавками ОДА встановлюється певне граничне покриття цієї поверхні, за якої відбувається стабілізація тепловіддачі.

Висновки. 1. На підставі комплексних досліджень виявлено вплив ОДА на теплообмін і динаміку пароутворення під час кипіння у великому об'ємі. Визначені оптимальні концентрації ОДА від 2 до 10 мг/л, за яких зменшується відривний розмір парових бульбашок і збільшується частота їх генерації, при цьому коефіцієнт тепловіддачі зростає до 30%.

2. Дослідним шляхом виявлена спроможність добавок мікродоз ОДА в теплоносій до розпушування і винесення твердих відкладень з поверхні нагріву. Показано, що ОДА спроможний утворювати захисну плівку на поверхні металу при концентрації до 5 мг/л. Цю властивість доцільно використовувати як в режимі експлуатації теплового обладнання, так і на період його консервації.

ЛІТЕРАТУРА

1. Кукушкин А.Н. Кипение жидкостей, содержащих микродобавки поверхностно-активных веществ/ А.Н. Кукушкин, А.А. Симановский //Энергосбережение и водоподготовка. - 2007.- №4.- С. 52–54

BIBLIOGRAPHY

1. Kukushkin A.N. Local boiling inclusive microadditives of surface-active substances поверхні теплообміну молекулами ОДА і збільшення його концентрації в об'ємі рідини. При досягненні оптимальної концентрації, яка залежить від тиску, густини теплового потоку, матеріалу і стану поверхні, можна досягнути підвищення рівня тепловіддачі приблизно до 50% (рис. 6,E). Передозування ОДА може привести до утворення подвійних і багатошарових молекул ОДА на поверхні теплообміну. Стійкість цього шару тягне за собою короточасне зменшення коефіцієнта тепловіддачі, але цей шар поступово руйнується і тепловіддача стабілізується (рис. 6,F).

HEAT –EXCHANGE EQUIPMENT THERMOHYDRAULIC PARAMETER CHANGING THROUGH THE USE OF OCTADECYLAMINE

O.P. Lomeiko, V.R. Kulinchenko

Summary

Experience has shown the impact on heat exchange during the use of octadecylamine and dynamics of steam formation at pool boiling resulting in reduce of steam bubbles linear dimension and their frequency of occurrence. The additives ODA lead to protective film appearance on heat exchanger surface which makes sense to use in operating and putting in prolonged storage mode of heat exchanger.

Key words: boiling, heat exchange, steam bubble, pool boiling, octadecylamine