

INFLUENCE OF ADIABATIC BOILING ON WATER PH VALUE

A. Dolinsky, A. Konyk, N. Radchenko, B. Tselen
Institute of Engineering Thermophysics of NAS of Ukraine

Key words:

*Discret-pulse input of energy
Adiabatic boiling
Condensation
Evaporation
PH
Water*

ABSTRACT

This article describes the influence of discrete-pulse energy input mechanisms implemented in thermovacuum treatment on the properties of water. In particular, the influence of adiabatic boiling on the pH value of water and its changes depending on the treatment temperature and time are investigated. The pattern of change of these parameters at each stage of the processing is established. The results of experimental studies of changes in the chemical composition of water, which has consistently passed all stages of processing, are analysed. The conclusions are made about the degree of influence of discrete-pulse energy input mechanisms at depths of physical and chemical transformations of water.

Article history:

Received 15.04.2016
Received in revised form
05.05.2016
Accepted 18.05.2016

Corresponding author:

A. Dolinsky
E-mail:
npnuht@ukr.net

ВПЛИВ АДІАБАТИЧНОГО ЗАКИПАННЯ НА ВОДНЕВИЙ ПОКАЗНИК ВОДИ

А.А. Долінський, А.В. Коник, Н.Л. Радченко, Б.Я. Целень
Інститут технічної теплофізики НАН України

У статті розглянуто механізм впливу дії дискретно-імпульсного введення енергії, що реалізується в термовакуумній обробці, на властивості води. Зокрема, експериментально досліджено вплив адіабатичного закипання на водневий показник води та його зміну залежно від температури обробки і часу. Встановлено закономірність зміни даних параметрів на кожному з етапів термовакуумної обробки. Також проаналізовано результати експериментальних досліджень зміни хімічного складу води, яка послідовно проходила всі етапи обробки. На основі одержаних закономірностей зроблено висновки про ступінь впливу механізмів дискретно-імпульсного введення енергії на глибину фізико-хімічних перетворень води.

Ключові слова: дискретно-імпульсне введення енергії, адіабатичне закипання, конденсація, випаровування, водневий показник, вода.

Постановка проблеми. Водневий показник є одним із ключових параметрів якості води, що відповідає за буферні властивості і строк стабільності водної системи в цілому. Однак його корегування здійснюється здебільшого

хімічним методом, що, у свою чергу, негативно впливає на екологію та призводить до подорожчання технології. Одним із методів вирішення цього питання є використання механізмів дискретно-імпульсного введення енергії, зокрема адіабатичного закипання.

Мета статті. Дослідити вплив механізмів дискретно-імпульсного введення енергії, зокрема адіабатичного закипання, на водневий показник води.

Викладення основних результатів дослідження. В Інституті технічної теплофізики НАН України в межах наукового напрямку дискретно-імпульсного введення енергії (ДІВЕ) проводяться дослідження впливу миттєвого скидання тиску (високочастотних гідродинамічних коливань і адіабатичного закипання) на фізико-хімічні й органолептичні властивості води, дисперсність і мікроструктуру сухого залишку [1]. В даній статті представлено результати комплексних експериментальних досліджень впливу миттєвого скидання тиску, що супроводжується адіабатичним закипанням, на водневий показник води. Процес миттєвого скидання тиску 1,5 ГПа/с супроводжується адіабатичним закипанням потоку рідини та реалізується в термовакуумній обробці (ТВО). Необхідно зауважити, що процес адіабатичного закипання відбувається за умови $T_{\text{води}} > T_{\text{кип}}(P)$, тобто вода з температурою вище 333 К закипає при тиску $P = 20$ кПа, а при $P = 10$ кПа закипання відбувається при 318 К. У камерах закипання за рахунок різкого скидання тиску виникають потужні механізми дискретно-імпульсного введення енергії, що відбуваються на границі розподілу фаз. Основний фактор, що впливає на параметри води при обробці — це кавітаційні ефекти, що виникають в камерах випаровування при різкому скиданні тиску і зміні температури, при якій відбувається процес адіабатичного закипання потоку [2]. Також виникають додаткові кавітаційні ефекти, які створюють відцентрові насоси, що встановлені для перекачування рідини.

Термовакуумна обробка рідини — це сукупність послідовних взаємозалежних операцій (конденсації, випаровування, нагріву й охолодження), перебіг яких відбувається в імпульсному режимі зміни тиску, температури та концентрації (рис. 1). Для досліджень використано обладнання продуктивністю 5 і 15 т/год, технічні характеристики технології представлено в табл. 1.



Рис. 1. Принципова схема перебігу термодинамічних процесів термовакуумної обробки рідини (точки відбору зразків позначено як т.1 ÷ т.5): 1 — процес конденсації; 2, 4, 7, 9 — насос відцентровий; 3 — процес конденсації; 5 — процес нагрівання; 6, 8 — процес випаровування; 10 — процес охолодження

ПРОЦЕСИ І АПАРАТИ ХАРЧОВИХ ВИРОБНИЦТВ

Таблиця 1. Технічна характеристика ТВО

Найменування параметра	Показники
Продуктивність, т/год	5÷15
Абсолютний тиск, Па:	
у I ступені	від $1 \cdot 10^4$ до $2 \cdot 10^4$
у II ступені	від $0,5 \cdot 10^4$ до $1 \cdot 10^4$
Температура води К:	
на вході	277÷283
у I ступені	301÷368
у II ступені	281÷318
на виході	277÷283

Аналіз проведених експериментів (попередніх досліджень) виявив певну зміну водневого показника внаслідок дії миттєвого скидання тиску [3—4]. Отримані результати стали підґрунтям для подальших досліджень, метою яких є встановлення механізму впливу миттєвого скидання тиску на показник рН. За розробленою методикою відбір проб проводився після кожного етапу ТВО, а також залежно від величини перегріву рідини. Згідно з представленою схемою на рис. 1: т. 1 — відбір зразка необробленої води; т. 2 — після етапу конденсації; т. 3 — після нагріву потоку; т. 4 — після етапу випаровування; т. 5 — відбір зразка після обробки. Ключовим етапом в ТВО є нагрів потоку до заданої температури. Варто зазначити, що саме на цьому етапі задається величина нагріву чи перегріву рідини. В ході експериментів цей параметр становив 313 К, 353 К, 368 К. Методика відбору зразків проводилась згідно з державними нормативними актами [5], за якими вимірювали рН і температуру. Результати представлено в табл. 2, дослідження відібраних зразків у часі представлено на рис. 2.

Таблиця 2. Зміна водневого показника води за етапами ТВО залежно від температури

Температура, К	Параметри	Місце відбору зразка				
		вихідна вода	після конденсації	після нагрівання	після випаровування	оброблена вода
		т.1	т.2	т.3	т.4	т.5
313	рН	7,36	7,74	7,71	7,39	7,95
	T, К	294,4	294,4	294,4	293,7	294,2
353	рН	7,36	7,79	7,67	8,04	8,34
	T, К	294,4	294,9	295	294,6	294,1
368	рН	7,57	7,68	-	8,47	9,28
	T, К	281,7	324,4	-	337,6	278,3

Аналізуючи отримані дані, можна стверджувати, що максимального значення рН досягає при 353 К на кінцевому етапі обробки після процесу охолодження (крива 5, рис. 2а). Зразок, відібраний на виході і пронумерований як вода оброблена, має максимальне значення рН, яке найменше змінюється протягом усього часу. Таке підвищення водневого показника можна пояснити способом організації процесу, тобто скидання тиску — це витікання, і кратністю скидання тиску [3]. Величина перегріву складає $\Delta T = 30$ К при 368 К і $\Delta T = 15$ К при 353 К, тобто відбувається процес адіабатичного закипання, внаслідок якого проходить процес глибокої дегазації, тому залишковий вміст газів у насиченій воді складає близько $0,6 \div 0,7$ см³/л, тобто відбулась зміна хімічного складу, що супро-

воджується зміщенням буферних властивостей води. При температурі 313 К зберігається залежність рН на останньому етапі обробки, але з меншим значенням і нестійким у часі (рис. 2б). Це пояснюється тим, що процес адіабатичного закипання при даній температурі не відбувається, а тому величина нагріву має вплив на рівень рН. Щоб визначити ступінь впливу температурної складової при підвищенні рН проведемо дослідження основних показників залежно від температури та при кожній зміні процесу (табл. 3).

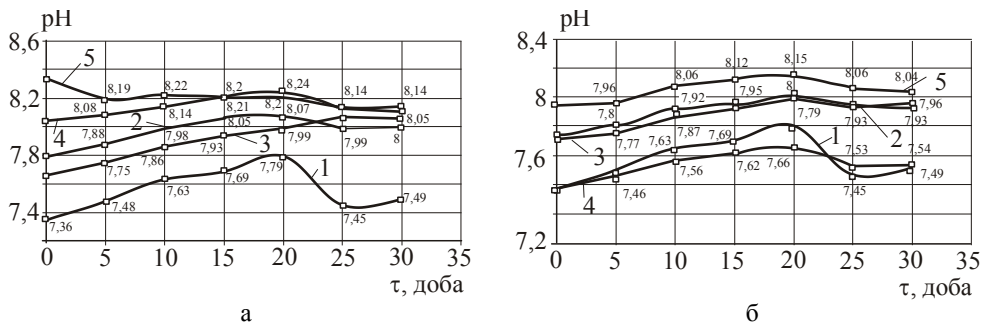


Рис. 2. Зміна водневого показника в часі при 353 К (а) та 313 К (б):

1 — вихідна вода; 2 — після конденсації; 3 — після нагрівання; 4 — після випаровування; 5 — вода оброблена, після охолодження

У результаті експериментальних досліджень хімічного складу зразків вихідної й обробленої води при 353 К і 313 К встановлено зниження загальної твердості на 38 % (10 % при обробці з температурою 313 К), загальної лужності — на 21,3 % (1,64 %), вільної лужності — на 21,3 % (1,61 %), кількості сухого залишку — на 7,04 % (0,56 %), масової концентрації кальцію — на 43,15 % (1,06 %), магнію — на 21,96 % (27,28 %). Зростання рН склало 13,31 % (8 %) (рис. 3).

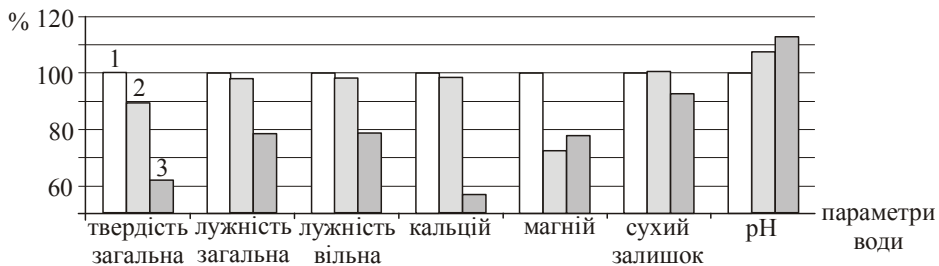


Рис. 3. Зміна хімічних параметрів води при термовакуумній обробці:

1 — вихідна вода; 2 — вода оброблена при температурі 313 К; 3 — вода оброблена при температурі 353 К

Таблиця 3. Зміна хімічних показників за етапами ТВО

Показник НД і одиниця вимірювання	НД	Відн. пох. методу, %	Вихідна вода	Після конденсації	Після нагрівання 353 К	Після камер випаровування	Вода оброблена при 353 К	Вода оброблена при 313 К
	2	3	4	5	6	7	8	9
Загальна твердість, ммоль/дм ³	ГОСТ 4151-72	2	3,0	2,72	2,28	1,0	1,86	2,68

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Загальна лужність, ммоль/дм ³	Інструкція по ХТК	2	6,1	5,6	5,2	4,9	4,8	6,0
Вільна лужність, ммоль/дм ³	Інструкція по ХТК	2	3,1	2,88	2,92	3,9	2,94	3,32
М. к. гідрокарбонатів, мг/дм ³	Інструкція по ХТК	2	372	335,5	317,2	296	292,8	366
М. к. кальцію, мг/дм ³	ДСТУ ISO 6058:2003	2	38	37,2	30,4	22,4	21,6	37,6
М. к. магнію, мг/дм ³	Інструкція по ХТК	2	13,2	11,04	9,12	9,96	10,3	9,6
Сухий залишок, мг/дм ³	ГОСТ 18164-72	2	355	344	314	307	330	357
Водневий показник, рН	ДСТУ 4077-2001	±0,1рН	7,36	7,79	7,76	8,04	8,34	7,95

Примітка: НД — нормативний документ; м.к. — масова концентрація

Висновки

У результаті експериментальних досліджень впливу миттєвого скидання тиску 1,5 ГПа/с, що супроводжується адиабатичним закипанням, встановлено стійке в часі підвищення водневого показника в межах від 2 % до 20 %. Проведено комплексні дослідження впливу на водневий показник води перетворень, що відбуваються в хімічному складі залежно від температури перегріву та після кожної зміни фізичного процесу. Досліджено вплив на складові, що відповідають за буферні властивості та вплив температурної складової при обробці за термовакuumною технологією.

Література

1. *Дискретно-імпульсний ввід енергії в теплотехнологіях* [Долинський А.А., Басок Б.И., Накорчевський А.И. і др.]. — Київ: ИТТФ НАНУ, 1996. — 196 с.
2. *Шурчкова Ю.А.* Адиабатическое вскипание. Практическое использование / Ю.А. Шурчкова. — Киев: Наукова думка, 1999 — 228 с.
3. *Коник А.В.* Дослідження впливу механізмів дискретно-імпульсного введення енергії на водневий показник водних систем / А.В. Коник, А.А. Долінський, Ю.А. Шурчкова, І.А. Дубовкіна // Промышленная теплотехника. — 2015. — Т. 37, №1. — С. 5—11.
4. *Коник А.В.* Вплив механізмів дискретно-імпульсного введення енергії на буферні властивості води / А.В. Коник, А.А. Долінський, Ю.А. Шурчкова, Н.Л. Радченко // Промышленная теплотехника. — 2015. — Т. 37, № 7. — С. 226—230.
5. ГОСТ 2761-84 Вода питна. Відбір проб і методи аналізу.
6. *Рябчиков Б.Е.* Современные методы подготовки воды для промышленного и бытового использования / Б.Е. Рябчиков. — Москва: ДеЛи принт, 2004. — 328 с.
7. *Використання механізмів дискретно-імпульсного введення енергії для обробки води:* дис. ... канд. техн. наук: 05.14.06 / Сланік Аліна Василівна; НАН України, Ін-т техн. теплофізики. — Київ, 2010. — 203 арк.

ВЛИЯНИЕ АДИАБАТИЧЕСКОГО ЗАКИПАНИЯ НА ВОДОРОДНЫЙ ПОКАЗАТЕЛЬ ВОДЫ

А.А. Долинский, А.В. Конык, Н.Л. Радченко, Б.Я. Целень
Институт технической теплофизики НАН Украины

В статье рассмотрен механизм влияния действия дискретно-импульсного ввода энергии, реализуемый при термовакуумной обработке, на свойства воды. В частности, экспериментально исследовано влияние адиабатического закипания на водородный показатель воды и его изменение в зависимости от температуры обработки и времени. Установлена закономерность изменения данных параметров на каждом из этапов термовакуумной обработки. Также проанализированы результаты экспериментальных исследований изменения химического состава воды, которая последовательно проходила все этапы обработки. На основе полученных закономерностей сделаны выводы о степени влияния механизмов дискретно-импульсного ввода энергии на глубину физико-химических превращений воды.

Ключевые слова: дискретно-импульсный ввод энергии, адиабатическое закипание, конденсация, испарение, водородный показатель, вода.