

Висновки. Отримано нову аналітичну залежність часу поверхневої концентрації дощового стоку від протяжності, похилу та коефіцієнта шорсткості басейна стоку для дощів незмінної в часі інтенсивності з урахуванням початкової ділянки потоку з ламінарним режимом руху (9). Діапазон застосування отриманої залежності: $q_0=100$ л/(с·га); $n_1=0,015-0,025$; $L=60-340$ м; $i=0,002-0,04$.

1. СНиП 2.04.03-85. Канализация. Наружные сети и сооружения. Госстрой СССР. – М.: ЦИТП Госстроя СССР, 1986. 2. Калишун В.И. Водоотводящие системы и сооружения. – М.: Стройиздат, 1987. – 336 с. 3. Urban Hydrology for Small Watersheds // United States Department of Agriculture. Technical Release 55, 210-VI-TR-55, Second Ed., June 1986. – 164 p. 4. Chiber K.K. Overland flow time of concentration on flat terrains: Office of Graduate Studies of Texas A&M University. – 2004. – 134 p. 5. Chow V.T, Maidment D.R., Mays L.W. Applied Hydrology: McGraw-Hill, Inc. – 1988. – 572 p. 6. Константинов Ю.М., Василенко А.А., Сапухин А.А., Батченко Б.Ф. Гидравлический расчет сетей водоотведения: Расчетные таблицы. – К.: Будівельник, 1987. – 120 с. 7. Жук В.М. Гідрографи притоку для дощів постійної в часі інтенсивності та лінійних басейнів стоку // Вісник Нац. ун-ту “Львівська політехніка”. “Теорія і практика будівництва”. № 602. – Львів. – 2007. – С. 61–65. 8. Жук В.М. Час поверхневої концентрації стоку для дощів постійної інтенсивності та лінійних басейнів стоку // Вісник Нац. ун-ту “Львівська політехніка”. “Теплоенергетика. Інженерія довкілля. Автоматизація” .– Львів: Нац. ун-ту “Львівська політехніка”. – 2005.– № 537. – С. 73–81.

УДК 628.218

Л.В. Савчук

Національний університет “Львівська політехніка”,
кафедра хімії і технології неорганічних речовин

ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ УЛЬТРАЗВУКУ НА ПОКАЗНИКИ ЯКОСТІ ВОДИ В ОБОРОТНИХ СИСТЕМАХ ОХОЛОДЖЕННЯ

© Савчук Л.В., 2009

Наведено результати експериментальних досліджень впливу ультразвуку на накипоутворення і обростання апаратури в оборотних системах охолодження. Показано, що за багаторазового використання вода, попередньо оброблена ультразвуком, не утворює накипу і не схильна до обростання апаратури.

Results of experimental researches of influence of ultrasound on formation of a scum and ability to an encrustation of devices in turnaround systems of cooling for results. It is shown, that at reusable use of the water processable by ultrasound, the scum is not formed and there is no encrustation.

Постановка проблеми. Значна частина технічної води використовується в промисловості для охолодження. З кожним роком зменшуються обсяги охолодної води, що використовується за прямотечійними схемами, одночасно збільшується частка оборотного водопостачання. Це дає змогу зменшити скидання неочищеної води у довкілля та витрати свіжої води. До оборотної води ставляться такі вимоги: обмежений вміст зависів, відсутність сірководню та тривалентного заліза, тимчасова твердість не повинна перевищувати 3–4 мекв./дм³ [1,2]. Але навіть за дотримання цих умов під час нагрівання і випарювання води з неї виділяються гази (СО₂, розчинний О₂), відкладаються нерозчинні солі на поверхнях теплообміну і водогонях, поверхня апаратури обростає рослинними і тваринними мікроорганізмами, які вносяться із джерел водопостачання, або з повітря,

вони спричиняють корозію матеріалів, замулення і обростання труб, арматури, інкрустацію теплообмінників, що є недопустимим.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Для усунення цих явищ використовують реагентні та безреагентні (фізичні) методи [1,2]. Внесення реагентів призводить до додаткового забруднення води домішками, які, покращуючи одні показники, негативно впливають на інші [1–4]. Тому ми звернулися до фізичних методів, зокрема, до озвучення ультразвуком, яке запобігає утворенню і руйнує уже існуючий накип, усуває обростання конструкцій і апаратури і одночасно не впливає на показники якості води.

Мета роботи. Дослідження впливу ультразвуку на процеси накипоутворення і обростання апаратури

Для виконання досліджень використовували «модельну» воду, яка відповідає вимогам, що ставляться до оборотної води, тобто мала низьку тимчасову твердість (3,5 мекв./дм³), високу прозорість (>55 см), вміст заліза – 0,3 мг/дм³, рН = 7,3; сірководень відсутній. В усіх експериментах у воду були занурені взірці з нержавіючої сталі Х18Н9Т розмірами 20×25 мм вагою в середньому 7,5 г. Перебіг процесу вивчали за таких значень температури (°С): 40, 50, 60. У термостійкій склянки об'ємом 200см³ наливали 100 см³ «модельної» води, яку озвучували ультразвуком, що створювали генератором UD -20 з постійними пружними коливаннями з частотою 20 кГц за потужності $(1..5) \cdot 10^4$ Вт/м² протягом заданого часу, і в кожен склянку поміщали попередньо зважені на аналітичних вагах взірці з нержавіючої сталі. Склянки із зразками витримували в термостаті БЛ-9 протягом 1 год за вищезаданих температур. Після термостатування зразки промивали дистильованою водою, висушували фільтрувальним папером, промивали ацетоном і остаточно висушували потоком повітря та знову зважували. Окрім того, зразки додатково розглядали під мікроскопом на предмет присутності представників рослинного чи тваринного світу. Воду, в якій витримували зразки, аналізували на вміст Заліза, визначали рН, загальну лужність та проводили санітарно-бактеріологічний аналіз. Виділення та ідентифікацію культур бактерій із досліджуваної води здійснювали на м'ясопептонному бульйоні.

**Дослідження впливу ультразвуку на показники якості оборотної води,
яка працює в режимі «нагрівання – охолодження», на масу зразків**

Температура, °С	Тривалість роботи за нагрівання, год.	рН		Лужність, мекв./дм ³		Fe ³⁺ , мг/дм ³		Приріст маси зразків, г	
		проба № 1	проба № 2	проба № 1	проба № 2	проба № 1	проба № 2	проба № 1	проба № 2
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
40	1	7,5	6,5	3,2	3,3	0,40	0,50	+ 0,41	+0,040
	2	7,4	6,4	3,2	3,3	0,45	0,50	+ 0,78	+0,038
	3	7,4	6,5	3,1	3,2	0,45	0,45	+ 0,53	+0,041
	4	7,3	6,5	3,1	3,2	0,50	0,48	+ 0,63	+0,045
	5	7,3	6,5	3,0	3,2	0,65	0,50	+ 0,66	+0,043
	6	7,2	6,5	3,0	3,3	0,72	0,52	+ 0,82	+0,045
	7	7,0	6,4	3,0	3,3	0,87	0,47	+ 0,95	+0,043
	8	6,9	6,5	3,0	3,3	0,94	0,48	+ ,98	+0,044
	9	6,7	6,5	3,0	3,3	1,15	0,52	+ ,03	+0,042
	10	6,7	6,5	3,0	3,3	1,30	0,50	+ 1,05	+0,042
50	1	6,9	6,2	3,0	3,2	0,45	0,48	+ 0,40	+0,043
	2	6,9	6,3	3,0	3,2	0,49	0,50	+ 0,48	+0,041
	3	6,7	6,3	2,8	3,2	0,48	0,49	+ 0,50	+0,042
	4	6,6	6,2	2,9	3,2	0,52	0,52	+ 0,56	+0,040
	5	6,6	6,3	2,8	3,2	0,65	0,51	+ 0,72	+0,042
	6	6,5	6,2	2,8	3,2	0,87	0,50	+ 0,83	+0,045
	7	6,4	6,3	2,9	3,3	1,05	0,52	+ 0,98	+0,044
	8	6,4	6,2	2,8	3,2	1,12	0,49	+ 0,96	+0,043
	9	6,3	6,3	2,9	3,2	1,26	0,52	+ 1,11	+0,040
	10	6,3	6,2	2,8	3,2	1,29	0,50	+ 1,07	+0,041

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
60	1	6,8	6,2	3,0	3,3	0,48	0,49	+0,48	+0,045
	2	6,9	6,2	3,0	3,2	0,52	0,52	+0,58	+0,044
	3	6,8	6,3	2,9	3,3	0,67	0,49	+0,54	+0,045
	4	6,7	6,2	2,9	3,3	0,72	0,51	+0,59	+0,044
	5	6,6	6,2	2,7	3,3	0,85	0,52	+0,74	+0,041
	6	6,4	6,1	2,8	3,2	1,10	0,53	+0,92	+0,045
	7	6,5	6,2	2,7	3,3	1,15	0,54	+0,99	+0,043
	8	6,4	6,1	2,6	3,2	1,22	0,50	+1,11	+0,043
	9	6,3	6,0	2,6	3,3	1,26	0,50	+1,18	+0,044
	10	6,3	6,0	2,6	3,3	1,25	0,50	+1,27	+0,048

проба №1 – «модельна» вода,

проба №2 – «модельна» вода оброблена ультразвуком.

Отримані результати досліджень показали (таблиця), що для незвученої води, незалежно від матеріалу зразка, за температури 40 °С значення рН в часі зростало і досягало 7,5 проти початкового 7,3. За багаторазового (10 циклів) нагрівання і охолодження досліджуваної «модельної» води воно зменшувалося і в 10 циклі стосовно – 6,7. За підвищення температури до 50 °С значення рН починає падати, досягає значення 6,9, а в подальшому (за багаторазового використання) сягає 6,3. Така сама тенденція спостерігається для температур 60 °С. Для проби води, озвученої ультразвуком, незалежно від матеріалу зразка, часу термостатування і кількості циклів «нагрівання-охолодження» зміна рН перебуває в межах 6,0–6,5.

Щодо лужності, для води, яка не піддавалася обробленню ультразвуком лужність зменшувалася і уже в десятому циклі становила 2, 6 мекв./дм³ проти початкової 3,6 мекв./дм³. В той час як для проб озвученої води лужність була стабільною. За цими результатами можна зробити висновки, що за ультразвукового озвучення карбонати не випадають в осад, а залишаються в розчиненому вигляді. Такий висновок підтверджують і результати з визначення приросту маси зразків, які занурені в досліджувану воду. Для зразків, які перебували у необробленій воді, не тільки за приростом маси, а навіть візуально уже в 5 циклі роботи можна було спостерігати утворення накипу і біологічної плівки на поверхні, в той час як приріст маси зразків із озвученої води був мізерним.

Щодо вмісту заліза, для води незвученої, спостерігалось збільшення кількості заліза у воді із збільшенням кратності її використання та із збільшенням температури експозиції зразків. Так, у десятому циклі вміст заліза у воді зростав майже в п'ять разів і становив 1, 42 мг/дм³, в той час як для озвученої води максимальний вміст в останніх (9 і 10) циклах за температури 50–60 °С становив 0,5 мг/дм³. Дослідження виконували за різної потужності ультразвуку, позитивний ефект отримували у всіх випадках, але найдієвішою була потужність $3 \cdot 10^4$ Вт/м², тому саме для такої потужності наведені результати досліджень у таблиці.

Мікробіологічні дослідження показали, що вже після п'ятого циклу «нагрівання – охолодження» на не озвучених ультразвуком зразках з'являється плівка з так званого «водорослевого слизу», яку можна спостерігати візуально. Її утворили мікроорганізми Aegobacter, Pseudoamonas, Candida, Torula тощо. Значно погіршується і санітарно- бактеріологічний стан води, у якій перебувають взірці. До того ж за мікроскопування поверхні зразків, яку обробляли ультразвуком, обростання поверхні практично відсутнє. Санітарно-бактеріологічні показники після озвучення відповідають вимогам, які ставляться до питної води.

Відома величезна кількість гіпотез, які пояснюють ці явища. Це і резонансна гіпотеза, і іонно-кінетична, і гіпотеза, яка ґрунтується на електростатичній і механічній дії ультразвукового поля тощо. На наш погляд, найповніше явища, що відбуваються, пояснює остання гіпотеза. За поширення ультразвукової поздовжньої хвилі, яка викликає у рідині її стиснення і розтягування, спостерігається електростатичний ефект, який супроводжується утворенням змінного електричного

поля, що змінює просторову орієнтацію молекул води і іонів солей, порушує їх заряди і умови кристалізації, за яких утворюється і випадає шлам. Механічна дія ультразвуку полягає у вібрації механічних поверхонь, яка виникає за контакту безпосередньо з котловою водою, або через шар накипу і визначається такими явищами: силами інерції, які діють на кристал, що росте; дією поперечних хвиль, які руйнують кристалічні зв'язки, зв'язки всередині накипу, а також між накипом і металом. У цьому разі накип руйнується і виникають тріщини. Вплив тих самих явищ унеможливує ріст кристалів і тому накипоутворюючий осад має вигляд мілкового піску і легко видаляється механічним способом. Ультразвук за довжини, хвиль 20 кГц пригнічує ріст будь-яких мікроорганізмів, що і очевидно з отриманих результатів досліджень.

Висновки. Отже, виконані дослідження показали, що «модельна» вода, яка за показниками відповідає вимогам для оборотної, за багаторазового (10 циклів роботи) «нагрівання-охолодження» до температур 40–60 °С стає небезпечною для оборотних систем охолодного водопостачання через загрозу накипоутворення і обростання металевого та бетонного обладнання. Ультразвукове озвучення такої води значно покращує її експлуатаційні показники і дозволяє безпечно використовувати в системах охолодного водопостачання.

1. Когановский А.М., Семенюк В.Д. Обратное водоснабжение химических предприятий. – К.: Будівельник, 1975. – 232 с. 2. Стерман Л.С., Покровский В.Н. Химические и термические методы обработки воды на ТЭС. – М.: Энергия, 1981. – 232 с. 3. Гонтарь Н.И., Гомеля Н.Д., Штефан Н.В. Замкнутые системы оборотного водоснабжения. Опыт применения ингибирующей композиции // Хімічна промисловість України. – 2006. – №2. – С. 14–16. 4. Гомеля М.Д., Шаблій Т.О. Розробка інгібіторів накипоутворення для водооборотних систем охолодження // Екотехнологии и ресурсосбережение. – 2000. – №3. – С. 40–46.