

УДК:620.92.97.

Осаул О. І., Осаул Л. П., Осаул П. О., (Україна, Запоріжжя)

**ВИРІШЕННЯ ПРОБЛЕМ ТЕПЛОЗАБЕЗПЕЧЕННЯ І ЕКОЛОГІЇ КАВІТУВАННЯМ РІДИН**

Використання енергії обертання і кавітування рідин в нових розробках та технологіях, що пропонуються для використання при виконанні завдань економічного побутового теплозабезпечення та екології в останні роки отримує визнання та поступовий розвиток.

На кафедрах гідроенергетики Запорізької державної академії та екології Запорізького національного технічного університету виконуються роботи з використанням кавітаторів, розроблених у відповідності з патентами України №22003А, 23140, 34779. Виконаний цикл досліджень, результати яких дозволили визначити закономірності впливу природи теплоносіїв на швидкість теплоутворення. Аналіз результатів приведених в таблиці 1 дозволив встановити залежність досліджених факторів впливу на швидкість теплоутворення і констатувати, що найбільш ефективним теплоносієм є силіконове масло ПМС-1000 (поліметилсиліконова суміш).

Таблиця 1

**Порівняльні дані швидкості нагріву при кавітуванні різних за природою рідин**

| № | Теплоносій         | Теплоємність, кКал/кг*К | Температура t, °С теплоносія через τ, хв. |    |    |     | Питомі витрати ел. енергії, Вт/кг*К |
|---|--------------------|-------------------------|---|----|----|-----|-------------------------------------|
|   |                    |                         | 0   | 10 | 20 | 30  |                                     |
| 1 | Вода               | 1,0                     | 22  | 33 | 43 | 54  | 1,27                                |
| 2 | Технічний гліцерин | 0,59                    | 23  | 41 | 63 | 75  | 0,46                                |
| 3 | ПМС – 1000         | 0,38                    | 23  | 59 | 96 | 110 | 0,26                                |
| 4 | ПМС – 5            | 0,42                    | 14  | 54 | 89 | 98  | 0,35                                |

При порівнянні швидкостей зміни температури в процесі кавітування рідин в замкнених системах встановлено, що найбільш ефективним слід вважати використання силіконових сумішей.

Окрім наведених результатів досліджень в галузі тепло забезпечення були виконані роботи по знезараженню питної води та регенерації відпрацьованого трансформаторного масла.

В таблиці 2 наведені результати знезараження води, виконані авторами та в лабораторіях інституту „Укрхімпром”(м. Київ).

Таблиця 2

**Ефективність кавітування при знезараженні питної води**

| Виконавець  | Культура        | Кількість бактерій n шт./мл через τ хв. |                 |                 |                 |                 |                 |    |    |
|---|-----------------|---|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|----|----|
|   |                 | 0                                       | 2               | 4               | 6               | 8               | 10              | 12 | 14 |
| Інститут Укрхімпром журнал "Натураліс" №3-4, 1997р. | Сальмонела      | 10 <sup>7</sup>                         | 10 <sup>7</sup> | 10 <sup>7</sup> | 10 <sup>6</sup> | 10 <sup>2</sup> | 10              | 0  | 0  |
| Авторські дослідження                               | Кишкова палочка | 10 <sup>8</sup>                         | 10 <sup>7</sup> | 10 <sup>5</sup> | 10 <sup>4</sup> | 10 <sup>3</sup> | 10 <sup>2</sup> | 10 | 0  |

Таким чином, отримані результати пробного кавітування води (табл. 3) доводять, що цей метод більш ефективний ніж метод відстоювання та сорбції, які використовуються на більшості промислових підприємств. З приведених режимів кавітування найбільш ефективним являється режим

кавітування на протязі 90 хвилин при 70<sup>0</sup>С. Так найбільш ефективно зниження показників виявилось на вмісту нітритів (150 раз), нітратів (40 раз), хлоридів (2 рази), сульфатів (3 рази), фенолів (5 разів), нафтопродуктів (3 рази).

Таблиця 3

**Результати аналізів води промислового підприємства після кавітування в лабораторії кафедри гідроенергетики**

| № п/п | Характеристика   | ГОСТ норми питної води | Початковий показник, мг/л | Показники, отримані на режимах кавітування, мг/л |           |           |           |           |
|-------|------------------|------------------------|---------------------------|--|-----------|-----------|-----------|-----------|
|       |                  |                        |                           | 30хв 500С  | 90хв 500С | 30хв 700С | 90хв 700С | 60хв 600С |
| 1     | рН               | 6-9                    | 8,1                       | 8,1  | 8,2       | 8,4       | 8,7       | 8,5       |
| 2     | Азот амонійний   | <1                     | 1,74                      | 1,5  | 1,3       | 1,3       | 1,0       | 1,1       |
| 3     | Залізо           | <0,3                   | 1,3                       | 1,28   | 1,22      | 1,2       | 1,18      | 1,19      |
| 4     | Алюміній         | <0,5                   | 0,081                     | 0,044  | 0,041     | 0,040     | 0,036     | 0,038     |
| 5     | Флориди          | <1,5                   | 1,4                       | 1,2  | 0,9       | 0,86      | 0,7       | 0,75      |
| 6     | Фосфати          | <3,5                   | 0,52                      | 0,49   | 0,38      | 0,31      | 0,26      | 0,38      |
| 7     | Нітріти          | <0,05                  | 0,450                     | 0,022  | 0,008     | 0,005     | 0,003     | 0,004     |
| 8     | Нітрати          | <1                     | 43,79                     | 26,8   | 14,3      | 6,3       | 1,2       | 1,8       |
| 9     | Завислі речовини | -                      | 6,0                       | 7,4  | 9,2       | 11,7      | 18,3      | 15,4      |
| 10    | БПК              | <7                     | 16,3                      | 14,0   | 11,3      | 9,8       | 6,2       | 6,8       |
| 11    | Хлориди          | <350                   | 96,28                     | 72,40  | 66,80     | 52,90     | 43,10     | 45,60     |
| 12    | Сульфати         | <500                   | 91,3                      | 59,1   | 48,7      | 47,4      | 34,1      | 40,1      |
| 13    | Сухий залишок    | <1000                  | 492                       | 513  | 548       | 601       | 642       | 590       |
| 14    | Феноли           | <0,050                 | 0,048                     | 0,016  | 0,014     | 0,011     | 0,009     | 0,010     |
| 15    | Нафтопродукти    | <0,2                   | 0,27                      | 0,14   | 0,12      | 0,11      | 0,09      | 0,10      |
| 16    | ХПК              | <7                     | 64,0                      | 40,1   | 34,7      | 16,3      | 6,8       | 7,3       |

Таблиця 4

**Вплив кавітування на діелектричну міцність трансформаторного масла**

| Підприємства м. Запоріжжя | Об'єкт відбору проб            | Діелектрична міцність U, кВт |                   |
|---------------------------|--------------------------------|------------------------------|-------------------|
|                           |                                | До кавітування               | Після кавітування |
| ДніпроГЕС                 | Трансформатор підстанції       | 19                           | 33                |
| ВАТ Коксохімзавод"        | Трансформатор коксових батарей | 16                           | 49                |
| Завод "Дніпроспецсталь"   | Трансформатор дугових печей    | 1,5                          | 69                |
| ВАТ "Запоріжсталь"        | Трансформатор дугових печей    | 12                           | 64                |

Аналіз результатів кавітування води показав, що найбільш вірогідним механізмом знезараження є механіко термічний, в якому поєднані дії основних трьох процесів: швидкісна зміна тиску (від 0,00001 до 0,8 МПа), електророзряд напругою більш 1000 В та іонізація рідини в потоці, що обертається та проходить робочу камеру кавітатора з швидкістю більше 30м/с. При цьому визначена зміна хімічного складу, тобто на молекулярному рівні відбувається руйнування кластерів та молекулярних ланцюжків, що приводить до отримання гомогенної структури будь-якої суміші.

Реалізація основних приведених процесів відбувається при підвищених в локальних мікрооб'ємах температури (вище 1000<sup>0</sup>С) при схлопуванні кавітаційної бульбашки.

Сукупна дія кавітування на присутню у воді бактерію (другу фазу) забезпечує її знищення.

Таким чином, використання кавітаторів може бути значно розвинуте в галузі знезараження води при її заборі з русла річок, а також стічної води на очисних спорудах міст та селищ.

Другою не менш важливою проблемою, що потребує рішення є забруднення навколишнього середовища відпрацьованими мастилами.

Існуючі технології регенерації та повернення властивостей масел достатньо трудоміні та супроводжуються утворенням небезпечних відходів, що потребують їх поховання або спалення і принципово не міняють екологічну ситуацію. Крім того вартість існуючих технологій регенерації становлять від 30 до 70 % вартості нового масла. Враховуючи те, що кількість трансформаторних масел на Україні, що знаходяться у виробництві досягає 800 тисяч тон, то витрати на його регенерацію при середній вартості 5 тис. грн/тн, навіть при 10% його щорічного відновлення складатиме більше 200 млрд. грн.

Попередні розрахунки показують, що використання технології кавітування трансформаторних масел дозволить значно зменшити витрати при поновленні властивостей, а також ліквідувати взагалі транспортні та вантажні операції за рахунок виконання технології відновлення властивостей безпосередньо на місці експлуатації трансформаторів.

В таблиці 4 приведені результати випробування технології кавітування трансформаторних масел на 4-х підприємствах м. Запоріжжя.

Крім приведених змін діелектричної міцності були отримані результати газового та хімічного складу масел, котрі свідчать про значний позитивний вплив кавітування на основні експлуатаційні властивості.

Дослідні роботи виконували на кавітаторах, що вироблені відповідно за патентами України №22003А, 23140, 34779. Отримані результати дозволяють пропонувати розроблені пристрої та технології в першу чергу в ЖКГ для опалення, гарячого водопостачання, знезараження забірної та стічної води, регенерації трансформаторних та моторних масел.

В таблиці 5 приведені технічні властивості і ціна найбільш доступних та випробуваних на лабораторному та промисловому обладнанні теплоносії. При цьому за критерій при виборі теплоносія прийняті перш за все безпечність та ціна.

Таблиця 5

**Властивості та характеристики теплоносіїв, які досліджуються**

| № п/п | Назва теплоносія           | Питома вага, г/см <sup>3</sup> | В'язкість, сСт | Температура кипіння, °С | Ціна, грн/кг |
|-------|----------------------------|--------------------------------|----------------|-------------------------|--------------|
| 1     | Вода                       | 1,0                            | 1,0            | 100                     | 0,3          |
| 2     | Технічний гліцерин         | 1,26                           | ~500           | >265                    | 14,0         |
| 3     | Трансформаторне масло      | 0,885                          | 11             | 0,1                     | 5,5          |
| 4     | ПМС-5 (силіконова суміш)   | 1,03                           | 5              | >280                    | 43,0         |
| 7     | Технічне соняшникове масло | 0,90                           | -              | -                       | 16,0         |