
ІІІ. ПРОЦЕСИ ТА АПАРАТИ ХАРЧОВИХ ВИРОБНИЦТВ

УДК 621.327

ОСОБЛИВОСТІ ЗАСТОСУВАННЯ УЛЬТРАФІОЛЕТОВОГО ВИПРОМІНЮВАННЯ ДЛЯ ЗНЕЗАРАЖЕННЯ ВОДИ

А. О. Семенов, кандидат фізико-математичних наук

Проблема знезараження води сьогодні відіграє важливу роль, оскільки з водою переноситься величезна кількість збудників захворювання. Існування різних біологічних, фізичних і хімічних методів бактерицидного знезараження води відображають істотну нагальність проблеми [1].

Хлорування води забезпечує достатній рівень знезараження, але при цьому хлор є дуже токсичною речовиною, яка забруднює воду стійкими хлорорганічними сполуками. Попадаючи у питну воду хлорорганічні сполуки призводять до отруєння організму людини і виникненню хронічних захворювань серцево-судинної та ендокринної системи, розвитку онкологічних захворювань та ін.

Мета статті полягає в дослідженні ультрафіолетового методу опромінювання для бактерицидного знезараження води.

У середині ХХ ст. почався інтенсивний пошук альтернативних способів знезараження води. Одним з найбільш ефективних і дієвих заходів, які призводять до знезараження води та не сприяють утворенню у знезараженій воді небезпечних хлорорганічних сполук, виявився метод знезараження води за допомогою ультрафіолетового (УФ) опромінення [2].

Ультрафіолетова область випромінювань охоплює діапазон хвиль від 9 до 400 нм. Ультрафіолетове випромінювання здатне активувати будь-які атоми (молекули), з якими взаємодіє, при цьому збуджуючи в них електрони і ініціює фотохімічне перетворення речовини [3].

Ультрафіолетове випромінювання є згубним для більшості мікроорганізмів, які наявні у воді. Особливо небезпечними ультрафіолетові промені виявляються для бактерій і вірусів, які збуджують такі небезпечні захворювання, як дизентерія, туберкульоз, вірусний гепатит, тиф та ін.

Слід відзначити, що ультрафіолетове знезараження води здійснюється за рахунок прямої дії ультрафіолетових променів на клітинну та молекулярну структуру мікроорганізмів, та провокують їх загибель. Знезараження стічної води за допомогою ультрафіолетових променів здійснюється без внесення в воду будь-яких шкідливих хімічних сполук. Єдиною умовою застосування методу УФ знезараження є правильно вибрана доза УФ опромінення, тобто кількість ультрафіолетової енергії, яка необхідна для знищення мікроорганізмів, що знаходяться у воді [4].

Для забезпечення ефективності знезараження доза ультрафіолетового опромінення

повинна бути вибрана з урахуванням прозорості води, тобто з врахуванням ступеня попереднього очищення. Встановлено, що на прозорість води значно впливає наявність у воді мікрочастинок і наявність у воді органічних сполук (нафтопродукти та ін.).

На рис. 1 приведена залежність коефіцієнта поглинання ультрафіолетового випромінювання α від наявності у воді мікрочастинок.

Вимірювання проводили в ультрафіолетовій області випромінювання С за допомогою тензора-31, згідно з методикою проведення вимірювань [5].

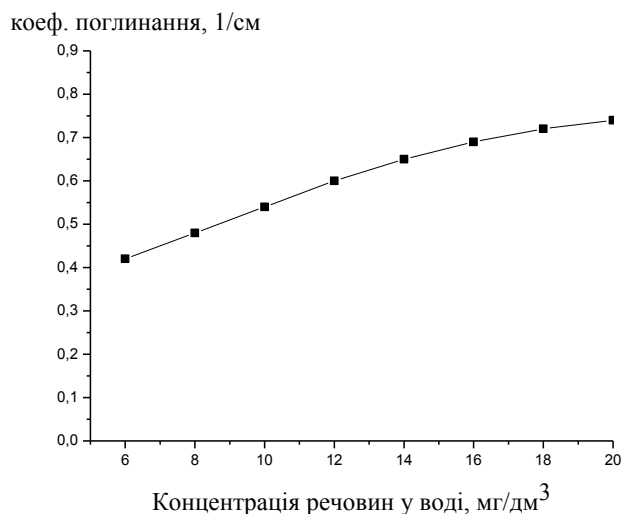


Рис. 1. Залежність коефіцієнта поглинання ультрафіолетового випромінювання α залежно від наявності у воді мікрочастинок

Коефіцієнт поглинання α характеризує кількість ультрафіолетової енергії, яка була поглинута водою, під час проходження ультрафіолетових променів через шар води і розраховується за формулою (1) і (2):

$$E_1 = E_0 \cdot e^{-\alpha x}, \quad (1)$$

тобто

$$\alpha = -\frac{1}{x} \ln \frac{E}{E_0}, \quad (2)$$

де α – коефіцієнт поглинання ультрафіолетового випромінювання, см⁻¹;

x – товщина шару води, см;

E_0 – інтенсивність ультрафіолетового випромінювання на поверхні води, мВт/см²;

E – інтенсивність ультрафіолетового випромінювання після проходження шару води завтовшки x .

Проведемо розрахунки поглинутої енергії ультрафіолетового випромінювання для бактерицидної лампи, яка знаходиться в камері

опромінювання, де її оточує з усіх сторін вода. Цю енергію можна визначити, як різницю між енергією, яка була випромінена УФ лампою і енергією, яка пройшла через шар води завтовшки x см. Під час проходження ультрафіолетових променів через шар води завтовшки x см, буде поглинуто ультрафіолетової енергії:

$$D = E \cdot t = (E_0 - E_1) \cdot t = E_0(1 - e^{-\alpha x}) \cdot t. \quad (3)$$

Кількість поглинутої енергії називають ультрафіолетовою дозою, або дозою ультрафіолетового випромінювання.

Отже, інтенсивність ультрафіолетового випромінювання E_0 і коефіцієнт поглинання ультрафіолетового випромінювання α , є дуже важливими параметрами при виборі ультрафіолетового джерела у ході проектування установки для знезараження води. При меншому значенні величини коефіцієнта поглинання α потрібна менша потужність ультрафіолетового випромінювання для знезараження води.

На рис. 2 представлена залежність поглинання ультрафіолетового опромінювання від

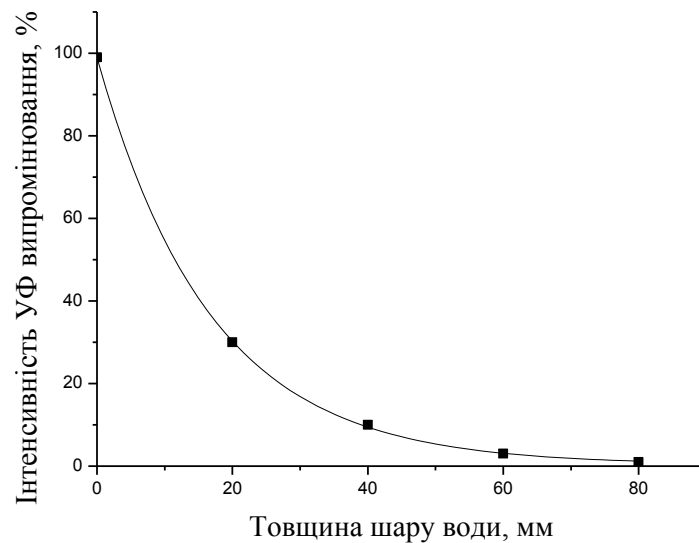


Рис. 2. Інтенсивність ультрафіолетового випромінювання після проходження шару води

товщі шару води, на прикладі дистильованої води.

З представленої діаграми видно, що інтенсивність ультрафіолетових променів (ультрафіолетове випромінювання) швидко знижується в залежності від товщини шару води, через який вони проходять. Результати зменшення ультрафіолетової дози залежно від товщини шару води потрібно завжди враховувати під час проектування установок для бактерицидного знезараження води. Рекомендується рівень остаточної інтенсивності ультрафіолетових променів обирати в інтервалі 15–20 %. Такий рівень остаточної інтенсивності ультрафіолетового опромінення гарантує надійні показники знезараження. Цьому рівню остаточної інтенсивності, як показують наші дослідження, відповідає шар води завтовшки 40–50 мм. При таких показниках в достатньо повній мірі можливо ефективно використовувати увесь міжламповий простір, тобто об'єм між ультрафіолетовою лампою та стінками камери опромінення, через яку проходить вода, що знезаражується. При більш високому рівні остаточної інтенсивності ультрафіолетових променів (більше 20 %) значна частка ультрафіолетової енергії може бути невикористаною. Відповідно, при меншому рівні остаточної інтенсивності ультрафіолетового випромінювання через сильне його поглинання зростає кількість води, яка не отримує необхідної

для знезараження кількості ультрафіолетової енергії. Закономірність зменшення кількості мікроорганізмів, що знаходяться у воді, описуються у такій формулі (4):

$$N_1 = N_0 \cdot e^{-E \cdot t / k} = N_0 \cdot e^{-D / k}, \quad (4)$$

де N_1 – кількість мікроорганізмів, які залишилися у воді після ультрафіолетового опромінення;

N_0 – кількість мікроорганізмів (бактерій), що знаходилися у воді до опромінення;

E – інтенсивність ультрафіолетового випромінювання, яке було поглинуто шаром води, Вт/м²;

k – коефіцієнт, який характеризує стійкість мікроорганізму до дії ультрафіолетових променів;

t – тривалість опромінення, с;

$D = E \cdot t$ – величина енергії ультрафіолетового опромінення, яка була поглинута водою, або доза ультрафіолетового опромінення, мДж/см².

Потрібно зазначити, що значення коефіцієнта стійкості мікроорганізмів до дії ультрафіолетових променів залежить від типу мікроорганізмів, значення цього коефіцієнту для різних типів мікроорганізмів істотно відрізняються одне від одного [4].

Колектив учених науково-технічного центру Полтавського університету економіки і торгів-

лі (ПУЕТ) розробив технологію і серію опромінювачів бактерицидного знезараження води [6, 7].

На рис. 3 схематично представлена установка бактерицидного знезараження води продуктивністю 20 м³/год. Установка складається із чотирьох однакових камер опромінювання, у кожній із яких знаходиться потужна бактерицидна лампа низького тиску [8], укомплек-

тована блоком керування, в якому знаходиться електронно-пускова апаратура, а також система контролю роботи бактерицидних ламп у вигляді світлодіодної індикації. Система контролю необхідна, оскільки верхня відкрита частина лампи знезараження знаходиться під ковпаком, що забезпечує відсутність попадання сильного ультрафіолетового опромінювання на обслуговуючий персонал.

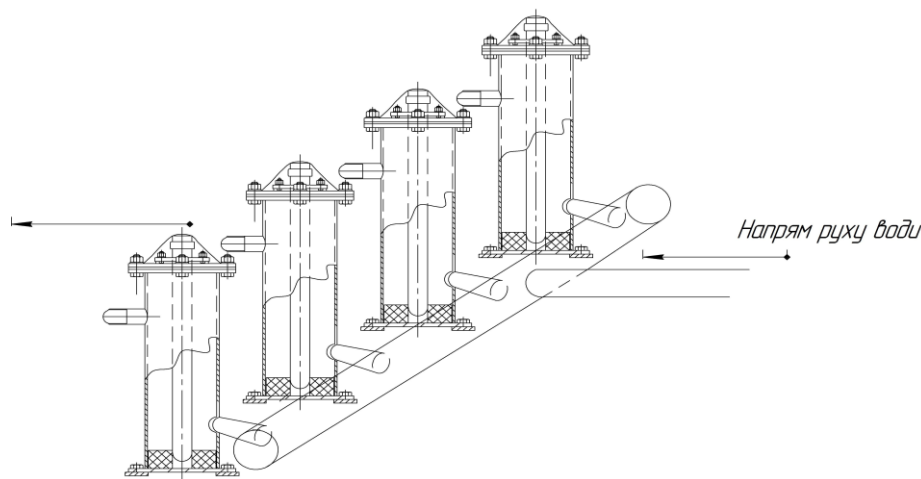


Рис. 3. Установка бактерицидного знезараження питної води, продуктивністю 20 м³/год

Конструктивні особливості цієї установки дають можливість використовувати її в технологічному процесі бактерицидного знезараження безперервно, оскільки у разі виходу з ладу бактерицидної лампи загорасться відповідний світлодіодний індикатор. Перекритий шаровий кран подачі води в нижній частині та зворотний клапан у верхній частині камери опромінювання, забезпечують можливість виконання робіт для заміни бактерицидної лампи, яка вийшла з ладу. Крім того, внутрішній діаметр камери знезараження становить 120 мм при діаметрі лампи 23 мм, що забезпечує необхідну дозу ультрафіолетового опромінювання мікроорганізмів поблизу стінок камери опромінювання.

Ураховуючи той факт, що за останні десятиліття мікробіологи багатьох країн підтверджують у своїх працях підвищення стійкості патогенної мікрофлори до впливу ультрафіолетового опромінювання в кілька разів (приблизно в 4 рази), ми під час проектування установок бактерицидного знезараження води в розра-

хунках використовували значення мінімальної ультрафіолетової дози (експозиції), яка більш ніж у 5 разів перевищує наведені нормативні значення [4]. Мінімальна експозиція опромінювання становить 40 мДж/см², а в разі проектування комплексів (станцій) знезараження води встановлюється експозиція 70 ÷ 100 мДж/см².

Отже, використання ультрафіолетового опромінювання для знезараження води має безперечні переваги перед діючими технологіями, в основі яких лежить використання хімічних речовин:

- ультрафіолетове випромінювання ефективно знищує не тільки бактерії, але і віруси, на відміну від хлорування;
- експлуатація ультрафіолетових установок значно простіша, оскільки їх робота не пов'язана з використанням високотоксичних отруйних речовин, які негативно впливають на здоров'я обслуговуючого персоналу;
- відсутність імовірності передозування в процесі знезараження води;

• суттєва економічна доцільність використання, оскільки автоматизація установок бактерицидного знезараження і правильність використаних розрахунків для необхідної дози опромінювання забезпечують енергозберігаючий режим – кількість ультрафіолетових ламп пропорційна кількості води.

Необхідність використання методу ультрафіолетового знезараження води підтверджується Міністерство регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України, оскільки він рекомендований для широкого використання на об'єктах водопідготовки та водовідведення.

ЛІТЕРАТУРА

1. Cabaj A. Schoenen Biodosimetry: model calculations for u.v. water disinfection devices with regard to dose distributions / Cabaj A., R. Sommer D. Schoene. – [s. l.] : [s. n.], 1996. – P. 1003–1009.
2. Мейер А. Ультрафіолетовое излучение / Мейер А., Зейтц Э. М. – [б. м.] : ИЛ, 1952. – 424 с.
3. Сарычев Г. С. Облучательные светотехнические установки / Г. С. Сарычев. – М. : Энергоатомиздат, 1992. – 241 с.
4. Применение ультрафиолетового бактерицидного излучения для обеззараживания воздушной среды помещений организаций пищевой промышленности, общественного питания и торговли продовольственными товарами : МУ 2.3.975-00 / Информационно-издательский центр Минздрава России. – М. : [б. и.], 2000. – 28 с.
5. Источники ультрафиолетового излучения: методика проведения измерений параметров ультрафиолетового излучения : МВУ 11-038-2007 / ННЦ «Институт метрологии». – Х. : [б. и.], 2007. – 33 с.
6. Семенов А. О. Використання ультрафіолетового випромінювання для бактерицидного знезараження води, повітря та поверхонь / Семенов А. О., Кожушко Г. М., Семенова Н. В. // Науковий вісник Національного лісотехнічного університету України. – 2013. – № 23.02. – С. 179–186.
7. Кожушко Г. М. Установка бактерицидного знезараження питної води. Пат. 71953. Україна. МПК C02F 1/32 / Кожушко Г. М., Берлінова Л. В., Семенов А. О.; Полтав. ун-т економіки і торгівлі. – № 201203392; заявл. 21.03.2012; опубл. 25.07.2012; Бюл. № 14.
8. Семенов А. А. Источники ультрафиолетового излучения для бактерицидного обеззараживания воды и воздуха / Семенов А. А., Берлинова Л. О., Семенова Н. В. // Сборник научных трудов SWorld. – Вып. 2, т. 7. – Одесса : Купrienko, 2013. – С. 44–49.

УДК 641.538.06

ДЕЯКІ ОСОБЛИВОСТІ РОБОТИ ПАРОКОНВЕКТОМАТІВ

**В. М. Кудрявцев, кандидат технічних наук;
В. А. Парамонова, кандидат технічних наук;
М. Г. Нестерцов; Д. В. Куропятник**

На сучасному етапі розвитку на підприємствах харчування широко застосовуються пароконвекційні печі (пароконвектомати). Пароконвектомат дозволяє проводити 70 % усіх можливих операцій теплової обробки, що дозволяє замінити близько 40 % теплового обладнання. Циркуляція гарячого повітря і пари окремо або у комбінації дозволяє у од-

ному пароконвектоматі застосовувати різні способи приготування продуктів: смаження, запікання, варіння, тушкування, регенерація, балансування та інші функції. У більш досконалих моделях пароконвектоматів є додаткові, специфічні режими приготування. Але слід зазначити, що дотепер робота пароконвектоматів під час обробки різних харчо-