

Таблиця

Температури фазових переходов и стеклования фруктовых смесей

Образец	T, °C	T _г , °C	T _д , °C
Яблоко: абрикос (2:1)	-63,8	-45	-1,4
Яблоко: абрикос (2:1) с добавкой 0,5 % пектина и 5 % сахара	-63,4	-44,9	-4,2
Абрикос: слива (2:1)	-63,6	-43,9	-0,5
Абрикос: слива (2:1) с добавкой 2% пектина и 10 % сахара	-63,7	-43,7	-4,8
Яблоко: абрикос: слива (2:2:1)	-63,4	-44,6	-1,5
Яблоко: абрикос: слива (2:2:1) с добавкой 0,7 % пектина и 8 % сахара	-63,4	-42,8	-5,2

Подитожим вышеизложенное.

1. Пектин влияет на кинетику льдообразования и формирование незамороженных фракций, повышая стабильность аморфной фазы в замороженных фруктовых смесях.

2. Повышение стабильности аморфного состояния жидкой фракции в замороженных фруктовых смесях способствует повышению сохранности их товароведных качеств при хранении в замороженном состоянии.

ЛИТЕРАТУРА

1. Вода и водные растворы при температурах ниже 0 °C / [К. А. Анджелл, М. Г. Ските, С. А. Райе и др.] ; под ред. Ф. Франкса ; пер. с англ. З. В. Линевич. – К. : Наукова думка, 1985. – 388 с.
2. Н. Douglas Goff The use of thermal analysis in the development of a better understanding of frozen food stability / Н. Douglas Goff // Rige&App1. Chem. – 1995. – Vol. 67. – № 11. – P. 1801–1808.
3. Зинченко А. В. Исследование фазовых переходов и физических состояний водных растворов многоатомных спиртов в диапазоне температур : 150–0 °C : дис. ... канд. физ.-мат. наук : 01.04.15 / Александра Васильевна Зинченко. – К., 1983. – 196 с.
4. Зинченко А. В. Исследование низкотемпературных фазовых переходов в водных растворах полиэтиленгликолей / А. В. Зинченко, В. В. Манк, В. А. Моисеев, Ф. Д. Овчаренко // Доклады АН СССР. – 1978. – Т. 240, № 4. – С. 888–891.
5. Уэндладт У. Термические методы анализа / У. Уэндладт. – М. : Мир, 1978. – 526 с.

УДК 621.327

ТЕХНОЛОГІЯ ТА УСТАНОВКИ ФІНІШНОГО ЗНЕЗАРАЖЕННЯ ПИТНОЇ ВОДИ УЛЬТРАФІОЛЕТОВИМ ВИПРОМІНЮВАННЯМ

Г. М. Кожушко, доктор технічних наук;
В. І. Ткаченко; Л. В. Гусаченко

У світовій практиці визнано, що ультрафіолетове (УФ) бактерицидне випромінювання є дієвим профілактичним санітарно-епідемічним засобом, який пригнічує життєздатність мі-

кроорганізмів у повітряному, водному середовищах і на доступних для опромінення поверхнях предметів [1–4].

Актуальність досліджень, спрямованих на

комплексне забезпечення бактеріологічної безпеки населення, обумовлена погіршенням загального стану середовища проживання людей, і збільшенням випадків інфекційних захворювань. Це спричиняється перш за все неконтрольованим поверненням в атмосферу, воду та ґрунт заражених відходів промислової, сільськогосподарської і побутової життєдіяльності людей. Ріст інфекційних захворювань серед населення та тварин свідчать про недостатність арсеналу та ефективності дезинфікуючих засобів, які сьогодні застосовуються в Україні.

Метою цієї роботи є привернення уваги спеціалістів, виробників і споживачів питної води до сучасних методів УФ дезинфекції з метою забезпечення бактеріологічної безпеки населення. УФ випромінення сьогодні широко використовується в установках підготовки питної води та знезараження стічних вод. Суттєвим моментом у сучасному підході до УФ знезараження води є переважне впровадження УФ-опромінювачів на підприємства постачання води споживачам по трубопроводним системам. Споживачі такої води не можуть себе убезпечити від попадання в неї (під час забору та транспортування до споживача) патогенних мікроорганізмів, спричинене незадовільним станом існуючих водопровідних систем. Значна частина населення країни (переважно сільського) використовує для різних побутових потреб воду із природних водоймищ, яка зовсім не захищена від зараження. Вода часто стає джерелом і розповсюджувачем хвороботворних мікроорганізмів. Тому знезараження води має проводитись не тільки в процесі водопідготовки (на підприємствах водозабезпечення), але й безпосередньо у споживачів – у медичних і дитячих навчальних закладах, на підприємствах харчової промисловості, в санаторіях, кафе, ресторанах та інших об'єктах, де через заражену воду можуть інфікуватися люди. Одним зі способів вирішення бактерицидної безпеки населення, на наш погляд, є широке впровадження УФ опромінювачів для знезараження води безпосередньо перед вживанням або під час розливання в спеціальну тару.

У статті наводяться результати розробки технології та установки бактерицидного зне-

зараження води УФ випромінення, які призначаються для використання безпосередньо споживачами питної води.

За останні два десятиріччя технологія знезараження води УФ випроміненням набула популярності в багатьох країнах світу [3, 4]. Досвід використання подібних установок в Німеччині, Великобританії, Австрії, Росії та інших країнах дав позитивні результати функціонування променевих технологій: не утворюються побічні небажані речовини та не змінюються хімічний склад корисних (мінеральних та інших) домішок і не змінюється органолептичні властивості води; спосіб і процес відрізняються надійністю, простотою, низькою енергоємністю та собівартістю. Процеси УФ обробки води досить не тривалі (кілька секунд на літр) і визначаються інтенсивністю опромінення та вмістом (концентрацією) хвороботворних організмів у воді. Установки компактні, не займають великих площ, прості у використанні та обслуговуванні. На основі аналізу досвіду конструювання установок бактерицидного знезараження питної води за допомогою УФ випромінювання найбільш ефективною конструкцією можна визнати установку проточного типу, в якій лампа розташовується по осі циліндричної опромінювальної камери. В разі такого конструктивного рішення майже весь потік УФ випромінення проходить через шар води і дезинфекція (знешкодження 99,999 % мікробіологічних об'єктів, які містяться у воді) може забезпечуватися мінімальною силою випромінення. На ефективність знезараження води впливають як хімічний склад води (наявність домішок, які осідають на зовнішній колбі лампи та ін.), так і параметри конструкції установки (геометричні розміри та величина променевого потоку, товщина шару води, швидкість її протікання та ін.). Наприклад, наявність у воді частинок нерозчинних органічних і неорганічних речовин знижує її прозорість для УФ випромінення, тому що ці частинки можуть в деякій мірі поглинати УФ випромінення та екранувати мікроорганізми від нього. Джерелами випромінювання, які мають найкращі показники ефективності в бактерицидній області спектра (205–315 нм),

на сьогодні є ртутні розрядні лампи низького тиску. В цих лампах більше 25 % електричної енергії перетворюється у випромінювання, довжина хвилі якого становить $\lambda = 253,7$ нм (максимальна ефективність бактерицидної дії ультрафіолетового випромінювання припадає на $\lambda = 260$ нм).

Розрахунок опромінювальної установки зводиться до визначення такої зони опромінювального простору, яка піддається мінімальній бактерицидній опроміненості E_{\min} [5]. Очевидно, що всі інші зони активного об'єму V_a установки будуть піддаватись надлишкової експозиції. Необхідна експозиція H ($\text{Вт}\cdot\text{с}\cdot\text{м}^{-2}$) досягається варіацією E_{\min} ($\text{Вт}\cdot\text{м}^{-2}$) або часу t (с):

$$H = E_{\min} \cdot t. \quad (1)$$

Ефективний час t (с) перебування води в установці визначається за формулою:

$$t = \frac{V_a}{3600 \cdot Q} = \frac{V - V_1 - V_2}{3600 \cdot Q}, \quad (2)$$

де V – об'єм опромінювальної порожнини установки, м^3 ;

V_1 – об'єм зануреної частини зовнішньої колби лампи, м^3 ;

V_2 – об'єм застійних зон камери, який сягає до 10 % об'єму опромінювальної порожнини і залежить від конструкції установки м^3 ;

Q – продуктивність установки, $\text{м}^3\cdot\text{год}^{-1}$.

Для установок знезараження води такої конструкції ми розробили серію одноцокольних занурювальних ламп на базі розрядних ламп низького тиску потужністю від 8 до 60 Вт, у яких кварцова розрядна трубка розміщена в зовнішній кварцовій колбі, один кінець якої герметизовано. На рис. 1 показані основні розміри ламп, а в табл. 1 надаються значення цих розмірів.

У табл. 2 представлені значення електричних параметрів бактерицидних потоків ламп.

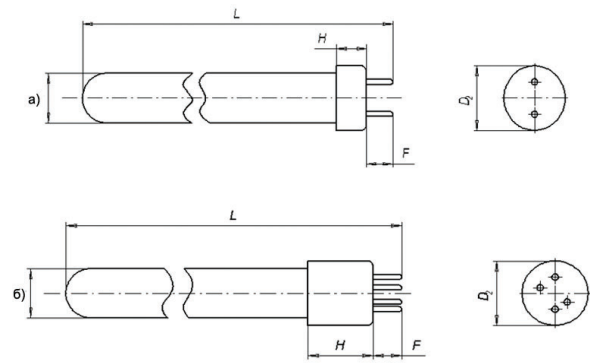


Рис. 1. Лампа-опромінювач ДРБО:
а) з вмонтованим стартером; б) для роботи з електронним високочастотним ПРА

Таблиця 1

Значення розмірів ламп

Тип лампи	Загальний вигляд	Розміри, мм, не більше				
		L	D ₁	D ₂	H	F
ДРБО 8	рис. а	310	23,5	24,3	10	7,29
ДРБО 15		520				
ДРБО 20		672				
ДРБО 36		928				
ДРБО 30		977				
ДРБО 60		977				
ДРБО 8	рис. б	310	23,5	29	38	7,29
ДРБО 15-1		520				
ДРБО 20-1		672				
ДРБО 36-1		928				
ДРБО 30-1		977				
ДРБО 60-1		977				

Розрахунок параметрів установки знезараження води проточного типу проводились з урахуванням рекомендацій, представлених у [5–10]. Відправним пунктом було те, що в установці має бути забезпечена необхідна для інактивації різних видів мікроорганізмів поверхнева експозиція H_s опромінення для найменш опромінюваних місць активного об'єму V_a . Поверхнева експозиція інактивації H_s а не об'ємна H_v вибрана тому, що в наукових літературних джерелах про інактивацію мікроорганізмів переважно наводяться дані про значення H_s .

Таблиця 2

Значення електричних параметрів бактерицидних потоків ламп

Потужність лампи, Вт		Напруга на лампі, В		Струм* лампи, А	Бактерицидний потік, Вт	
номінальне значення	граничне відхилення	нормоване значення	величина відхилення		номінальне значення	мінімальне значення
8	+0,85	56	±8	0,145	2,25	2,00
15	+1,25	55	±9	0,310	3,80	3,42
20	+1,40	57	±7	0,370	4,75	4,27
30	+2,00	96	±10	0,365	9,50	8,55
36	+2,30	120	±10	0,400	7,50	6,75
60	+3,50	99	±10	0,870	13,50	12,75

* Довідкова величина: значення потужності в сторону зменшення і бактерицидного потоку в сторону збільшення не обмежується.

Для установки, в якій лампа занурюється у воду і її довжина (див. рис. 1) порівняна з довжиною опромінювальної порожнини, мінімальна опроміненість E_{\min} (опроміненість на циліндричній поверхні радіусом R_2) може бути визначена за допомогою виразу:

$$E_{\min} = \frac{E_1 R_1}{R_2 e^{-k(R_1 - R_2)}}, \quad (3)$$

де E_1 – опроміненість на поверхні радіусом R_1 (на поверхні зовнішньої колби лампи);

R_2 – внутрішній діаметр опромінювальної порожнини;

K – показник ослаблення випромінювання під час проходження через воду.

Час для набуття необхідної дози H_s становить:

$$t_{\min} = \frac{H_s R_2 e^{-k(R_1 - R_2)}}{E_1 R_1}. \quad (4)$$

Мінімальна швидкість руху води в опромінювальній порожнині дорівнює:

$$v_{\min} = \frac{l E_1 R_1}{H_s R_2 e^{-k(R_1 - R_2)}}, \quad (5)$$

де l – довжина розрядного стовпа бактерицидної лампи.

Продуктивність установки знезараження:

$$V = \frac{E_2 l \pi R_1}{H_s R_2} (R_2^2 - R_1^2) e^{-k(R_1 - R_2)}. \quad (6)$$

У разі ламінарної течії (коли шари води не перемішуються) і високого коефіцієнта поглинання УФ випромінювання (коли воно інтенсивно поглинається в шарах, які прилягають до лампи) віддалені від лампи шари води можуть не піддаватися необхідній експозиції.

У цьому разі слід збільшувати мінімальну опроміненість за рахунок підвищення потужності лампи, зменшувати діаметр камери та періодично очищувати від нальоту зовнішню поверхню лампи. Підвищує ефективність знезараження і додаткове перемішування води в опромінювальній порожнині. Це дозволяє досягти більш рівномірного опромінення всієї маси води.

Враховуючи той факт, що провідні мікробіологи наукових центрів Америки, Європи та Азії за останні десятиріччя підтверджують підвищення стійкості патогенної мікрофлори до дії хлору, озону та УФ опромінення в декілька разів (до УФ опромінення приблизно в 4 рази). Нами в розрахунках використовувалося значення мінімальної експозиції, що більше ніж 5 разів перевищує нормативи (16–20 мДж/см²), наведені в [6, 7]. В економічно розвинутих країнах мінімальна експозиція опромінення становить 40 мДж·см⁻², а в разі проектування станцій знезараження води встановлюється експозиція 70–100 мДж·см⁻². Енергетична яскравість L_0 зовнішньої лампи поверхні радіусом R_1 визначалася експериментально за допомогою УФ радіометра «Тензор-31» за методикою [11]. Для врахування природного спаду променевого потоку лампи протягом строку служби (~35 % до

4000 год горіння) застосовувався коефіцієнт запасу 0,65: $L_1 = 0,65 L_0$.

Діаметр камери вибирався з урахуванням даних [12], де рекомендується, щоб у разі використання ртутних розрядних ламп низького тиску діаметр опромінювальної порожнини не перебільшував 100 мм. Довжина опромінювальної порожнини визначалася довжиною занурювальної частини зовнішньої колби лампи.

Вихідні дані для розрахунку установок знезараження води продуктивністю 1 та 3 м³/год надаються в табл. 3.

Таблиця 3

Вихідні дані для розрахунку конструкції і параметрів установок знезараження води УФ опроміненням

Назва параметра	Величина параметра
Експозиція опромінення, мДж·см ⁻²	100
Енергетична яскравість зовнішньої поверхні лампи на R_1 , мВт·см ⁻²	975
Радіус зовнішньої поверхні лампи R_1 , мм	23,5
Радіус опромінювальної порожнини R_2 , мм	50
Довжина камери l , мм	400; 850
Продуктивність Q , м ³ ·год ⁻¹	1; 3

Параметри установок, розроблених на основі розрахунків і проведених експериментальних вимірювань подаються в табл. 4

Таблиця 4

Технічні характеристики установок знезараження води

Величина параметра	Продуктивність	
	1 м ³ ·год ⁻¹	3 м ³ ·год ⁻¹
Тип лампи	ДРБ015	ДРБ060
Напруга живлення, В	220	220
Потужність установки, не більше, Вт	20	70
Час виходу на номінальний режим, хв	2	2
Габаритні розміри, мм		
Довжина	560	560
Ширина	500	500
Висота	1265	1265
Маса, кг	35	40
Максимальний тиск води, МПа	0,5	0,5

Установка (рис. 2) складається з трубчастої круглоциліндричної камери (1), по осі порожнини якої розташовується лампа (2), пульта управління (3) та підставки (4) для кріплення. В нижній частині камера має вхідний (5), а у верхній – вихідний патрубок (6). У верхній кришці герметично закріплюється колба лампи, і є отвір з пробкою для випускання повітря, а в нижній – отвір з гвинтом для зливання води. Знезаражування води здійснюється під час проходження її через порожнину потоком УФ випромінювання заданої величини. З метою більш ефективного переміщення вода в камері, набуває поступально-обертального руху за рахунок протилежного розміщення патрубків.

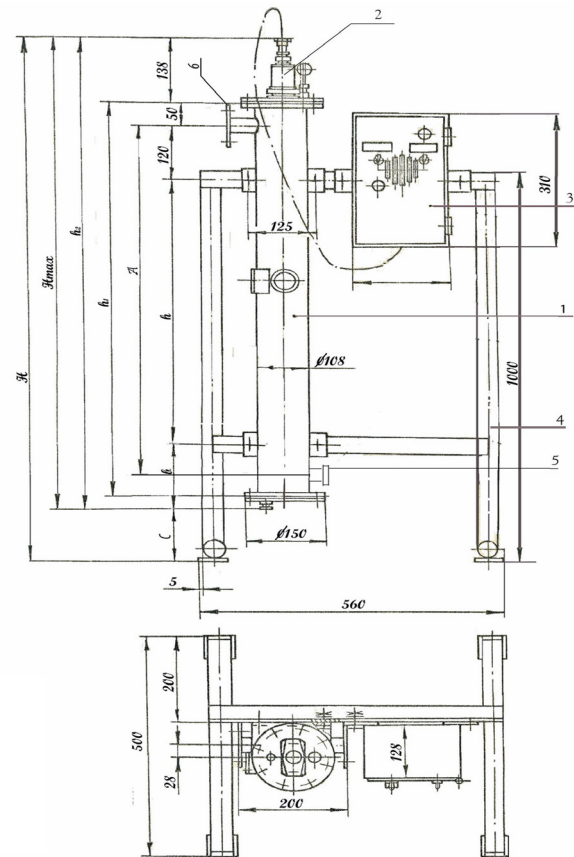


Рис. 2. Загальний вигляд установки фінішного знезараження води:

1 – опромінювальна лампа; 2 – лампа-опромінювач; 3 – пульт управління; 4 – підставка кріплення камери та пульта; 5 – вхідний патрубок для подачі води; 6 – вихідний патрубок

Продуктивність установки	Розміри, мм						
	A	h	h ₁	h ₂	H	B	C
1 м ³ /год	870	630	998	1136	1264	222	128
1 м ³ /год	420	200	548	686	1264	262	578

Пульт управління містить у собі ПРА для лампи, систему контролю функціонування установки та сигналізації у разі відхилення від заданого режиму. Приєднання установки до централізованої системи водопостачання здійснюється через гідрозатвор висотою не менше 1 м. У процесі підготовки до використання (за допомогою вхідного вентиля подачі води) встановлюється потрібна пропускна спроможність установки, яка відповідає продуктивності установки, зазначеній у паспорті. Для її визначення використовується лічильник або мірна посудина та секундомір.

Відбір знезараженої води з установки може здійснюватися через 2 хв після запуску установки, про що сповіщає сигналізація. Це час, потрібний для загорання лампи та знезараження первинного об'єму води в опромінювальній порожнині. Дослідні зразки установок пройшли випробування і отримали санітарний висновок на відповідність вимогам нормативних документів [7]. Випробування проводились відповідно до [13].

Як показали виконані нами розрахунки собівартість знезараження води за такої технології не перевищує $0,2 \text{ грн} \cdot \text{м}^{-3}$.

Підсумуємо вищезазначене.

1. Розроблена конструкція установки знезараження води УФ випромінюванням продуктивністю 1 та 3 $\text{м}^3/\text{год}$.

2. Фінішне знезараження води УФ випромінюванням може використовуватись безпосередньо на об'єктах споживання води – закладах громадського харчування, школах, лікарнях і ін. Розроблена установка проста в експлуатації, надійна, має низьку собівартість знезараження води. Собівартість знезараження води становить близько $0,2 \text{ грн} \cdot \text{м}^{-3}$.

3. Основні переваги технологічного процесу УФ знезараження води над іншими технологіями:

– безреагентний і безконтактний метод, який протягом короткого часу забезпечує знешкодження патогенних мікроорганізмів, у тому числі хвороботворних бактерій, вірусів, грибків, водорості та плісняви;

– метод УФ стерилізації води не змінює її фізичних, хімічних і смакових властивостей, не створює, на відміну від дезинфекції води хлоруванням, хімічних радикалів шкідливих для здоров'я людини;

– менш енергоємний і дешевий, ніж метод озонування води, не потребує контролю за вмістом у воді низькомолекулярних, кислотовмісних і інших продуктів озонування.

ЛІТЕРАТУРА

1. Мейер А. Ультрафиолетовое излучение / А. Мейер, Э. Зейтц. – М.: Мир, 1952. – 424 с.
2. Иваненко А. В. Московская целевая программа по измерению ультрафиолетового бактерицидного излучения / А. В. Иваненко, С. Г. Сафонкина, Л. А. Саушкина // Светотехника. – 2004. – № 4 – С. 2–5.
3. Бутилированная вода: типы, состав, нормативы / под ред. Д. Сениор, Н. Деге ; пер. с англ. Е. Боровиковой, Т. Зверевич. – СПб. : Профессия, 200. – 424 с.
4. Санитарный надзор та применение ультрафиолетового излучения в технологии подготовки питьевой воды : МУ 2147119-98. – М., 1998.
5. Сарычев Г. С. К расчету бактерицидных установок / Г. С. Сарычев // Светотехника. – 2005. – № 1. – С. 62–63.
6. Матвеев А. Б. Электрические облучательные установки фотобиологического действия / А. Б. Матвеев, С. М. Лебедкова, В. И. Петров ; под ред. С. П. Решенова. – М. : МЭИ, 1989.
7. Про затвердження Державних санітарних правил і норм «Вода питна. Гігієнічні вимоги до якості води централізованого господарсько питного водопостачання» : Наказ МОЗУ № 383 від 23.12.1996 р.
8. Использование ультрафиолетового бактерицидного излучения для обеззараживания воздуха и поверхностей помещения : Руководство 3.1.683-98 Минздрав РФ. Светотехника. – 1998. – № 4. – С. 4–18.
9. Применение ультрафиолетового бактерицидного излучения для обеззараживания воздушной среды помещений организаций пищевой промышленности, общественного питания и торговли продовольственными товарами : Методические указания МУ 2.3.975-00 / Минздрав РФ, 2000.
10. Методические указания «Применение ультрафиолетового бактерицидного излучения для обеззараживания воздушной среды помещений организаций пищевой промышленности, общественного питания и торговли продовольственными товарами» : МУ 2.3.975-00, утвержденные 1.08.2000.
11. Методика виконання вимірювань параметрів ультрафіолетового випромінювання. МБУ 11-038-2007, затверджений 1.04.2007 р.
12. Masschel I. Stude sur modele dela desinfection de lean par rayonement ultraviolet / I. Masschel, E. Debacker, S. Chebakbak // Rev. sci. can. – 1980. – № 2. – P. 29–41.