

15. Сафонов Ю. М. Регулювання розвитку вітчизняної сировинної бази текстильної промисловості : дис. ... д-ра екон. наук : 08.00.03. / Сафонов Юрій Миколайович. – Одеса, 2011. – 398 с.
16. Пушкар Г. О. Оцінка світлостійкості фіранкових бавовняних тканин / Г. О. Пушкар // Вісник Хмельницького національного університету. – 2008. – № 4. – С. 180–184.
17. Пушкар Г. Стан і перспективи формування екологічної безпечності інтер'єрного текстилю / Г. Пушкар, Б. Семак / Товарознавство і торговельне підприємництво: дослідження, інновації, освіта: матеріали міжнар. наук.-практ. конф., Київ, КНТЕУ, 2011. – С. 196–198.
18. Пушкар Г. О. Інтер'єрний текстиль: напрями підвищення екологічної безпечності / Г. О. Пушкар, Б. Д. Семак // Проблемы легкой и текстильной промышленности Украины. – 2011. – № 1 (17). – С. 133–136.
19. Пушкар Г. А. Интерьерный текстиль: пути экологизации технологии и ассортимента / Г. А. Пушкар, Б. Б. Семак // Интеграция и инновации: их роль в социально-экономическом развитии: материалы Междунар. науч. интернет-конф., 22–24 декаб. 2010 г. / Поволж. кооп. ин-т Российского ун-та кооперации. – Энгельс, 2011. – С. 144–147.
20. Мартосенко М. Г. Використання рослинних барвників для екологізації та світлостабілізації целюлозомістких текстильних полотен / М. Г. Мартосенко, О. В. Пахолок, З. М. Семак // Вісник Хмельницького національного університету. – 2011. – № 1. – С. 202–209.

УДК 621.327

## МЕТОДИ ЗНЕЗАРАЖЕННЯ ПОВІТРЯ В ПРИМІЩЕННЯХ

**А. О. Семенов, кандидат фізико-математичних наук;  
Л. В. Берлінова**

Застосування ультрафіолетового випромінювання наразі стає все більш актуальним, оскільки є одним із головних методів інактивації вірусів, бактерій і грибків. Інактивацію мікроорганізмів слід розуміти як втрату їх здатності до розмноження після стерилізації або дезінфекції [1].

Ультрафіолетове випромінювання (ультрафіолет, UV, УФ) – це електромагнітне випро-

мінювання, що охоплює діапазон довжин хвиль від 100 до 400 нм оптичного спектра електромагнітних коливань, тобто між видимим і рентгенівським випромінюванням.

Види ультрафіолетового випромінювання представлені в табл. 1.

Живі мікробні клітини по-різному реагують на ультрафіолетове випромінювання залежно від довжин хвиль (табл. 2).


Таблиця 1

**Види ультрафіолетового випромінювання**

Назва	Абревіатура	Довжина хвилі, нм
Ближній	NUV	400–300
Середній	MUV	300–200
Дальній	FUV	200–122
Екстремальний	EUV, XUV	121–10
Ультрафіолет А (довгохвильовий діапазон)	UVA	400–315
Ультрафіолет В (середній діапазон)	UVB	315–280
Ультрафіолет С (короткохвильовий)	UVC	280–100

Таблиця 2

## Чутливість мікроорганізмів до дії УФ-випромінювання

Більш чутливі	Група мікроорганізмів	Представник групи
	Вегетативні бактерії	Staphylococcus aureus
		Streptococcus progenies
		Escherichia coli
		Pseudomonas aeruginosa
		Serratia marcescens
	Спори бактерій	Bacillus anthracis
		Bacillus cereus
		Bacillus subtilis
	Грибкові спори	Aspergillus versicolor
		Penicillium chrysogenum
		Stachybotrys chartarum
Менш чутливі		

Бактерицидна дія ультрафіолетового випромінювання припадає на діапазон довжини хвиль 205–315 нм, воно викликає модифікуючі фотохімічні пошкодження ДНК. Зміни в ДНК мікроорганізмів накопичуються і призводять до уповільнення темпів їх розмноження і подальшого вимирання в першому і наступному поколіннях. У результаті ряду спостережень було зазначено, що вплив енергії в діапазоні спектра UVC, найбільш ефективний з бактерицидного погляду при довжині хвилі в 254 нм [2].

Ультрафіолетове бактерицидне опромінення повітряного середовища проводиться за допомогою ультрафіолетового радіаційного обладнання, принцип дії якого полягає у пропусканні електричного розряду через розріджений газ (включаючи пари ртуті), що знаходиться всередині герметичного корпусу, унаслідок чого відбувається випромінювання.

Випромінювальне обладнання – це бактерицидні лампи, опромінювачі та установки. Бактерицидна лампа – штучне джерело випромінювання, у спектрі якого є переважно бактерицидне випромінювання в діапазоні довжин хвиль 205–315 нм. Найбільш розповсюджені, завдяки високоефективному перетворенню електричної енергії у випромінювання розрядні ртутні лампи низького тиску, в яких процес електричного розряду в аргоно-ртутній суміші переходить у випромінювання з довжиною хвилі 253,7 нм. Ці лампи мають великий термін служби від 5000 до 8000 год. Відомі ртутні лампи високого тиску, які попри невеликі га-

баритні розміри мають велику одиничну потужність – від 100 до 1000 Вт, що дозволяє в окремих випадках зменшити кількість опромінювачів у бактерицидній установці. З іншого боку, вони не економічні та мають низьку бактерицидну ефективність порівняно з лампами низького тиску, тому їх використання не стало масовим.

Розробкою і виробництвом УФ-ламп для установок фотобіологічної дії в даний час займається ряд найбільших електролампових фірм – «Philips», «Osram», «Sylvania» та ін. Номенклатура ламп досить широка і різноманітна. Ультрафіолетові лампи застосовуються для стерилізації води, повітря та поверхонь. Для більш раціонального використання на практиці бактерицидних ламп, їх доцільно вбудовувати в бактерицидні опромінювачі. Бактерицидний опромінювач – це електротехнічний пристрій, що складається з бактерицидної лампи (ламп), пускорегулювального апарату, відбивної арматури й ряду інших допоміжних елементів.

Колектив учених кафедри товарознавства непродовольчих товарів (ТНТ) ВНЗ Укоопспілки «Полтавський університет економіки і торгівлі» (далі ПУЕТ) розробили технологію та серію опромінювачів бактерицидного знезараження повітря та поверхонь. За конструктивним виконанням опромінювачі поділяються на дві групи: відкриті та закриті (рис. 1, 2). У відкритих опромінювачів прямий бактерицидний потік охоплює широку зону в просторі аж до тілесного кута. Вони призна-

чаються для знезараження приміщень тільки за умови відсутності в них людей або в разі їх короткочасного перебування. У закритих опромінювачах, їх іноді називають рециркуляторами, лампи розташовуються в невеликому замкнутому корпусі опромінювача і бактерицидний потік не має виходу за межі корпусу, тому опромінювачі можна застосовувати, коли в приміщенні перебувають люди. Енергія бак-



Рис. 1. Установка бактерицидного знезараження повітря УБЗП-2:  
площа для знезараження повітря 20–30 м<sup>2</sup>. Розміри (500×200×60); маса установки – 1 кг; потужність – 20 Вт. Установка призначена для знезараження повітря (поверхонь) на підприємствах, в офісах, в побути і т. ін.

Тривалість роботи бактерицидної установки, при якій досягається необхідний рівень бактерицидної ефективності, різна, це залежить від типу опромінювача: для закритих опромінювачів 1–2 год; для відкритих 0,25–0,5 год.

Робота бактерицидних ламп характеризується радіометричними величинами. Основними з них є бактерицидний потік, бактерицидна доза і бактерицидна ефективність. Від бактерицидної дози залежить ступінь дезинфекції повітря або поверхонь. Бактерицидну дозу (дозу ультрафіолетового випромінювання) або експозицію слід розуміти як щільність бактерицидної енергії випромінювання, або відношення енергії бактерицидного випромінювання до площі опромінюваної поверхні (поверхнева доза, Дж/м<sup>2</sup>) чи обсягу об'єкта, що опромінюється (об'ємна доза, Дж/м<sup>3</sup>).

Розглянемо ці величини та чинники, що впливають на них.

терицидного потоку дезактивує більшість вірусів і бактерій, що потрапляють у внутрішній блок разом з повітряним потоком. У корпусі опромінювача передбачені дифузори, через які за допомогою вбудованого вентилятора повітря надходить усередину приладу, де потрапляє під джерело УФ-випромінювання в замкнутому просторі внутрішнього блоку, після чого повертається в приміщення.



Рис. 2. Установка бактерицидного знезараження повітря рекуперативного типу УБЗП-3: площа для знезараження повітря 20–30 м<sup>2</sup>. Продуктивність знезараження 80–90 м<sup>3</sup>/год. Розміри (620×140×100); маса установки – 2 кг; потужність – 35 Вт. Установка для знезараження повітря використовують в навчальних і дитячих закладах, офісах, громадських місцях, підприємствах і т. ін.

Величина, що характеризує бактерицидне випромінювання, є бактерицидним потоком. Значення бактерицидного потоку  $\Phi_{\text{ex}}$  (одиниця вимірювань Вт) може бути обчислено з урахуванням відносної спектральної бактерицидної ефективності за формулою:

$$\Phi_{\text{ex}} = \Delta\lambda \sum_{205}^{315} \Phi_{\lambda} S(\lambda)_{\text{від}}, \quad (1)$$

де 205–315 – діапазон довжин хвиль бактерицидного випромінювання, нм;

$\Phi_{\lambda}$  – значення спектральної щільності потоку випромінювання, Вт/нм;

$S(\lambda)_{\text{від}}$  – значення відносної спектральної бактерицидної ефективності;

$\Delta\lambda$  – ширина спектральних інтервалів підсумовування, нм.

У цьому виразі ефективний бактерицидний потік  $\Phi_{\text{ex}}$  оцінюють за його здатності впливати на мікроорганізми. Бактерицидний потік вимі-

рюють у ватах, оскільки  $S(\lambda)_{\text{від}}$  є безрозмірною величиною.

Бактерицидний потік становить частку від енергетичного потоку  $\Phi_e$  джерела випромінювання в діапазоні довжин хвиль 205–315 нм, що ефективно витрачається на бактерицидну дію, тобто:

$$\Phi_{ex} = \Phi_e \cdot K_{ex}, \quad (2)$$

де  $K_{ex}$  – коефіцієнт ефективності бактерицидної дії випромінювання джерела, значення якого коливається в межах від 0 до 1. Це значення  $K_{ex}$  для ртутних ламп низького тиску становить 0,85, а для високого тиску – 0,42. Тоді для даного типу джерела бактерицидні одиниці будь-яких радіометричних величин дорівнюватимуть добутку  $K_{ex}$  на відповідну енергетичну одиницю.

Результативність опромінення мікроорганізмів, або бактерицидна (антимікробна) ефективність, – це рівень зниження мікробного обсіменіння повітряного середовища або якої-небудь поверхні в результаті впливу ультрафіолетового випромінювання.

Цю величину оцінюють у відсотках – як відношення кількості загиблих мікроорганізмів до їх початкової чисельності до моменту опромінення. Бактерицидна ефективність ламп залежить переважно від дози випромінювання ( $D_{UV}$ , Дж/м<sup>2</sup>):

$$D_{UV} = I \cdot t, \quad (3)$$

де  $I$  – середня інтенсивність або доза опромінення, Дж/м<sup>2</sup>;

$t$  – час впливу, с.

Застосування цього простого на вигляд рівняння досить складно при обліку дози для частинки, що проходить через пристрій зі змінною щільністю потоку. Рівняння описує процес опромінення частки дозою, одержуваної за один прохід через пристрій. При повторному впливі опромінення на мікроорганізми (рециркуляції) бактерицидна ефективність збільшується вдвічі.

Коефіцієнт виживання мікробної або колонієутворюючої одиниці (КУО), на яку впливає

бактерицидне опромінення, експоненціально залежить від дози:

$$S = e^{kD_{UV}}, \quad (4)$$

де  $k$  – постійна дезактивації (інактивації), що залежить від конкретного виду КУО м<sup>2</sup>/Дж.

Отриманий коефіцієнт інактивації частки за один її прохід ( $\eta$ ) через поле випромінювання використовують як показник загальної ефективності випромінювання і показує відсоток або частку КУО, інактивованих після одного проходу через поле опромінення, а також залежить від  $S$  і завжди менше за 1:

$$\eta = 1 - S. \quad (5)$$

Значення параметра  $k$  для багатьох видів бактерій, грибків, цвілі отримані експериментальним способом і можуть відрізнятися один від одного на кілька порядків.

У ході проведення експериментальних досліджень встановлено, що на роботу бактерицидних опромінювачів, крім перелічених чинників, впливають і інші фізичні параметри.

При відносній вологості більше 80 % бактерицидна дія ультрафіолетового випромінювання падає на 30 % через ефект екранування мікроорганізмів. Запиленість колб ламп і відбивачів опромінювача знижує значення бактерицидного потоку до 10 %.

Зміна температури повітря в приміщенні впливає на потужність випромінювання ламп і УФ-дози. При температурі навколишнього повітря менше або дорівнює 10 або 40 °С і більше за значення бактерицидного потоку ламп знижується на 10 % номінального. Це пояснюється тим, що при зниженні температури в приміщенні нижче 10 °С ускладнюється процес запалювання лампи, що призводить до скорочення терміну служби ламп.

Оскільки вчені останнім часом приділяють багато уваги використанню ультрафіолетового опромінення та його властивостям у повсякденному житті, то одним із напрямів наших досліджень є вивчення знезараження повітря та поверхонь під дією ультрафіолету залежно від температури, часу та потужності опромі-

нення. Про результати наших досліджень буде повідомлено в наступних працях.

#### ЛІТЕРАТУРА

1. Бактерицидна ультрафіолетове опромінення. Сучасні ефективні методи боротьби патогенною мікрофлорою / Stephen B. Martin Jr., Chuck Dunn, James D. Freihaut, William P. Bahnfleth, Josephine Lau, Ana Nedeljkovic-Davidovic // *Ashrae journal*. – 2008. – August.
2. Керівництво. Дезинфектології. Використання ультрафіолетового бактерицидного випромінювання для знезаражування повітря в приміщеннях : РЗ.5.1904-04. – М. : [б. и.], 2005. – 86 с.
3. Соколов В. Ф. Обеззараживание воды бактерицидными лучами / Соколов В. Ф. – М. : [б. и.], 1964. – 236 с.

УДК 620.168.3:669

## ДОСЛІДЖЕННЯ ЗНОСОСТІЙКОСТІ ФІЛЬТРУВАЛЬНИХ НЕТКАНИХ МАТЕРІАЛІВ

**Л. В. Пелик, кандидат технічних наук;  
Ю. А. Пелех, кандидат технічних наук**

Текстильні фільтрувальні матеріали все частіше застосовують у різних галузях промисловості. Їх використовують для виготовлення різних типів промислових фільтрів, які необхідні для фільтрації рідин, аерозолів і газів на підприємствах ряду галузей, споживачами фільтруючих систем переважно є підприємства чорної та кольорової металургії.

Фільтрувальні матеріали, які використовують на металургійних підприємствах у рукавних фільтрах з імпульсною регенерацією, піддаються складному комплексу механічних впливів, зокрема постійним розтягуючим навантаженням. Висока міцність нетканних матеріалів не є визначальним фактором для встановлення придатності рукавів до подальшої експлуатації. Зношування матеріалів характеризується поступовою динамічною втомою унаслідок багаторазових циклів механічних взаємодій. Пошкодження локалізуються найчастіше в нижній частині фільтрувального рукава, яка безпосередньо прилягає до місць його кріплення. Дослідження, які провели І. М. Поздняков [10] та С. Б. Старк [11], доводять, що під час проведення регенерації найкраще видаляється пил у нижній частині рукава, а отже, саме ця частина максимально піддається розтягу, який виникає під час процесу. З метою

збільшення терміну служби рукавних фільтрів вчені Ю. І. Громов і А. М. П'ятигорський [4] пропонують виготовляти нижню частину висотою 15 см у два шари. Для досліджуваного арселенового нетканого матеріалу з політетрафторетиленовим обробленням не було необхідності дотримуватися запропонованих рекомендацій, оскільки матеріал зберігає достатню міцність та жорсткість протягом усього встановленого гарантійного терміну експлуатації [3].

Термін служби кожного фільтрувального рукава визначається часом із моменту пуску установки до утворення першого розриву, оскільки до цього часу важко виявити зношені місця. Г. К. Молоканова [6, 7] розробила методи прогнозування фізико-механічних властивостей нетканних матеріалів, але під час дослідження не врахувала усі чинники, які впливають на поведінку фільтрувального рукава в умовах його реальної експлуатації.

Над питаннями збільшення терміну служби рукавних фільтрів працювало багато вчених, зокрема В. І. Балова, Г. Д. Нессонова, І. С. Галик [5], Ю. І. Громов [4], Є. І. Беліков [1], В. Н. Попова [2] та ін. Дослідники дійшли висновку, що на довговічність нетканого матеріалу в рукавному фільтрі може впливати ряд