УДК 373.1

МОДЕЛЬ ДЕЗІНФІКУЮЧОГО UV-C МОБІЛЬНОГО РОБОТУ

Сілі І. І., к.т.н.,
Азархов О. Ю., д.мед.н., к.т.н.
ДВНЗ «Приазовський державний технічний університет», м. Дніпро, Україна.

Постановка проблеми. Забруднені вірусами, бактеріями і грибками поверхні є основними джерелами передачі хвороб. Добре розвинені фізико-хімічні дезінфікуючі методи знайшли широке застосування для знищення або інактивації патогенних мікроорганізмів у навколишньому середовищі [1]. Зазвичай для дезактивації використовуються жорсткі хімічні речовини та відбілюючи засоби, але ефективність ручного очищення методом миття і розпилення залежить від трудової майстерності, часу і частоти очищення. Досить часто доступні зони і високі тактильні поверхні стають основними точками для росту і поширення бактерій [2]. Ультрафіолет (УФ) є однією з нових технологій, яка може забезпечити вирішення проблеми санітарії. УФ-світло має бактерицидні ефекти, які були розкриті в 1903 році Нільсом Фінсеном [3].

Основна частина. В останні кілька років вдосконалення автоматизації призвело до розвитку сервісних роботів і їх застосування в медичній сфері надзвичайно зростає. У розвинених країнах багато сучасних закладів охорони здоров'я оснащені роботами-дезінфікуючими альфолятивами.

Розробка пристрою передбачала три етапи: 1) будівництво конструкції, 2) електронне складання і 3) програмування мікроконтролера і мобільного додатку. Чотири лампи UV-C були з'єднані по колу на нерухомій колонці. Центральна нерухома колона розміщувалася на пересувній рамі, а в її нижньому кінці кріпилася коробка для розміщення блоку управління.

На рис. 1(а) наведено складальне креслення. Легка сталева колона (1) фіксується за допомогою механічних кріплень (2). У нижній частині цієї бази було розміщено чотири обертових колеса. Навколо центральної колони кріпилися чотири тримачі ламп (3) за допомогою стяжок. Чотири світильники T8 GL UV-C потужністю 30 Вт (4) були прикріплені в тримачі. Блок управління (5) був встановлений в акриловій коробці внизу. Внизу був прикріплений дерев'яний каркас (6) для підтримки сонячної панелі (7). На рисунку 1(б) приведено ізометричний вигляд робота.

Основними електронними компонентами розробленого блоку є:

- мобільна платформа;
- чотири УФ-лампи потужністю 30 Вт, встановлені в круглій конфігурації;
- Arduino UNO;
- акумулятор на 12В;
- сонячна панель 10В;
- датчик виявлення ультрафіолету;
- PIR-датчик;
- ультразвуковий датчик.

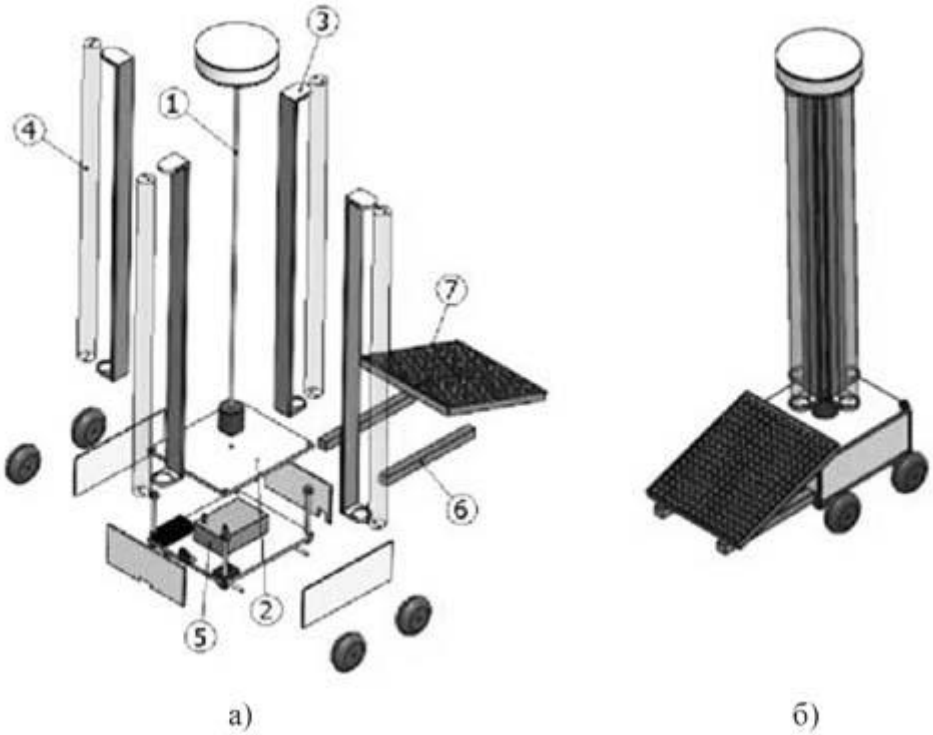

Рис. 1. Схематичний вигляд УФ-С дезінфікуючого мобільного роботу

Висота агрегату становить 1 метр при приблизній вазі 3 кг. Акумулятор на 12В заряджається від сонячної панелі, яка живить мікроконтролер. Arduino є основним елементом, який дає можливість включення або відключення модуля Bluetooth, УФ-ламп і приводить в рух раму. Рамкою можна керувати через систему Android з більш ніж 10 метрів за допомогою модуля Bluetooth. Щоб захистити пристрій від перешкод, було встановлено два ультразвукових датчика. Також був доданий PIR-датчик, в якості заходу безпеки для відключення ламп, коли людина знаходиться поруч.

Розроблена дезінфікуюча система використовує чотири UV-C лампи, змонтовані по колу. Кожна лампа має потужність 30 Вт відповідно до специфікацій виробника. Доза опромінення, отримана

від прристрою на заданій відстані від робота, залежить від потужності *P(мВт)* і часу опромінення *t (с)* використовуваних ламп за наступним (1) рівнянням [4]:

$$D = \frac{Pt}{2\pi Lr}, \tag{1}$$

де L – довжина лампи, L= 91 см;

r – відстань від джерела випромінювання, r= 76 см.

$$D = \frac{30e^7 \cdot 14}{2 \cdot 3{,}14 \cdot 91 \cdot 76} = 9{,}670 мВтс / см^2 = 9{,}670\ мДж / см^2$$

Енергія на площу в даний момент часу є яскравістю (мкВт/см^2). Яскравість *B*, що виробляється лампою на відстані 76 см, може бути розрахована нижче за формулою (2) [4]:

$$B = \frac{n \cdot P_{лампи}}{4\pi r^2}, \tag{2}$$

$$B = \frac{4 \cdot 30}{4 \cdot 3{,}14 \cdot 76^2} = 1{,}645 мВт / см^2$$

Доза UV-C, необхідна для стерилізації 90% вірусу та бактерій, коливається від 2000 до 12000 мкВт/см^2 (2-12 мВт/см^2), тому за допомогою значення D_{UV}=10,6 мВтс/см^2, час опромінення можна виразити так рівняння (3):

$$T = \frac{D_{UV}}{B}, \tag{3}$$

$$T = \frac{10{,}6}{1{,}645} = 6{,}44 с$$

У цьому дослідженні розроблена мобільна установка UV-C на сонячних батареях може виробляти дозу 9,670 мДж/см^2 на відстані 1 метр за 14 с. Відповідно до розрахункової яскравості 1,645 мВт/см^2, ця система може дезінфікувати поверхню у 1 м^2 від патогенів за 6 сек. Отже, мобільний робот може дезінфікувати приміщення площею 10 м^2 за 288 сек (4,8 хв) без перешкод. Управління рухом на базі Android можна використовувати для збереження часу в заданому діапазоні.

Висновки. У даній роботі представлено проектування і розробку мобільного дезінфікуючого роботу на базі Arduino Uno. Розроблений

прототип міг дезінфікувати поверхні в розумні терміни без участі людини. Завдяки чотирьом лампам потужністю 30 Вт ця система може дезінфікувати кімнату площею 10 м^2 всього за 4.8 хв без використання шкідливих хімічних речовин та відбілюючих агентів. Система може виробляти дозу 9,670 мДж/см^2 на відстані 1 метр в межах 14 с. Це значення приблизно наближається до 10,5 мВт/см^2 за інтенсивністю 0,75 мВт/см^2 за секунду, виміряне датчиком UVM 30A. Мобільний робот оснащений також PIR-датчиком для захисту людей від дії ультрафіолету. Робота можна легко керувати з безпечної відстані через модуль Bluetooth.

Представлений дизайн можна легко масштабувати, шляхом модифікації структури (додавання більшої кількості UV-C ламп), вдосконалення програмування (редагування відкритого вихідного коду плати Arduino) і додавання більшої кількості функцій безпеки відповідно до вимог споживачів, бюджету та вірусного навантаження. Такі дезінфікуючі пристрої з відкритим кодом можуть запропонувати значну економію в порівнянні з аналогічним фірмовим комерційним обладнанням.

Список використаних джерел

1. Boyce J.M. “Modern technologies for improving cleaning and disinfection of environmental surfaces in hospitals,” Antimicrob. Resist. Infect. Control, vol. 5, no. 1, p. 10, Apr. 2016, DOI: 10.1186/s13756-016-0111-x.

2. A. Guridi, E. Sevillano, I. de la Fuente, E. Mateo, E. Eraso, and G. Quindós, “Disinfectant activity of a portable ultraviolet C equipment,” Int. J. Environ. Res. Public. Health, vol. 16, no. 23, 2019. P. 4747.

3. “The Nobel Prize in Physiology or Medicine 1903” NobelPrize.org. URL: https://www.nobelprize.org/prizes/medicine/1903/summary/ (accessed Mar. 19, 2021).

4. M. U. Owens, D. R. Deal, M. O. Shoemaker, G. B. Knudson, J. E. Meszaros, and J. L. Deal, “High-dose ultraviolet C light inactivates spores of Bacillus atrophaeus and Bacillus anthracis sterne on nonreflective surfaces,” Appl. Biosaf., 2015vol. 10, no. 4, Pp. 240–247.