

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ АВІАЦІЙНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ФАКУЛЬТЕТ АЕРОНАВІГАЦІЇ, ЕЛЕКТРОНІКИ ТА ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙ
КАФЕДРА ЕЛЕКТРОНІКИ, РОБОТОТЕХНІКИ І ТЕХНОЛОГІЙ
МОНІТОРИНГУ ТА ІНТЕРНЕТУ РЕЧЕЙ

ДОПУСТИТИ ДО ЗАХИСТУ
Завідувач випускової кафедри
_____ Шутко В.М.
«_____» _____ 2021 р.

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

ЗДОБУВАЧА ОСВІТНЬОГО СТУПЕНЯ БАКАЛАВРА
ЗІ СПЕЦІАЛЬНОСТІ 153 «МІКРО- ТА НАНОСИСТЕМНА ТЕХНІКА»
ОПП «ФІЗИЧНА ТА БІОМЕДИЧНА ЕЛЕКТРОНІКА»

Тема: «Ультрафіолетовий бактерицидний інактиватор»

Виконавець
студент групи МН-403Б _____ Щербаков Антон Павлович

Керівник
старший викладач _____ Козаревич Вікторія Олександрівна

Нормоконтролер _____ Сініцин Р.Б.

КИЇВ 2021

РЕФЕРАТ

Кваліфікаційна робота на тему “Ультрафіолетовий бактерицидний інактиватор”.

38 с., 1 табл., 24 рис., 12 джерел.

Об’єкт дослідження – ультрафіолетовий бактерицидний інактиватор.

Мета дипломного проекту – розробка бактерицидного інактиватора, на базі доступних електронних компонентів, для захисту людини від вірусів на кшталт COVID-19.

Методи дослідження – аналітичний, комп’ютерне проектування та практичний.

Результати проведеної роботи – розроблений ультрафіолетовий бактерицидний інактиватор, що може бути виготовлений з доступних компонентів.

Ключові слова: УЛЬТРАФІОЛЕТОВЕ ВИПРОМІНЮВАННЯ, ОПРОМІНЮВАЧ, УЛЬТРАФІОЛЕТ, БАКТЕРИЦИДНІ ВЛАСТИВОСТІ, ІНАКТИВАТОР, УФ ДІОД.

ЗМІСТ

| | |
|--|----|
| ВСТУП | 5 |
| РОЗДІЛ 1 | 7 |
| ХАРАКТЕРИСТИКА БАКТЕРИЦИДНОЇ (АНТИМІКРОБНОЇ) ДІЇ УЛЬТРАФІОЛЕТОВОГО ВИПРОМІНЮВАННЯ | 7 |
| 1.1. Основні характеристики ультрафіолетового випромінювання..... | 8 |
| 1.2. Користь УФ-променів..... | 10 |
| 1.3. Шкода УФ-променів..... | 11 |
| 1.4. Використання бактерицидних властивостей ультрафіолету | 12 |
| РОЗДІЛ 2..... | 14 |
| УЛЬТРАФІОЛЕТОВІ ОПРОМІНЮВАЧІ | 14 |
| 2.1. Відкриті опромінювачі | 14 |
| 2.2. Екрановані опромінювачі | 16 |
| 2.3. Закриті опромінювачі | 18 |
| РОЗДІЛ 3..... | 20 |
| РОЗРОБКА УЛЬТРАФІОЛЕТОВОГО ІНАКТИВАТОРА | 20 |
| 3.1. Електронні компоненти бактерицидного інактиватора | 21 |
| 3.2. Електрична схема | 28 |
| 3.3. Корпус та його моделювання | 29 |
| 3.4. Збірка пристрою. | 32 |
| Висновок | 35 |
| Список використаних джерел..... | 36 |

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ

УФ – ультрафіолет

NUV – близький ультрафіолет

MUV – середній ультрафіолет

FUV – далекий ультрафіолет

EUX, XUV – екстремальний ультрафіолет

VUV – вакуумний ультрафіолет

UVA – ультрафіолет А, довгохвильовий діапазон

UVB – ультрафіолет В, середній діапазон

UVC – ультрафіолет С, герміцидний діапазон

ДНК – дезоксирибонуклеїнова кислота

РНК – рибонуклеїнова кислота

ВСТУП

Здоров'я людини формується під впливом взаємопов'язаних природних та соціально-економічних факторів. До них належать повітря, вода, ґрунт, кліматичні фактори, умови праці, харчування, умови життя тощо. Вплив природних факторів та соціальних факторів взаємопов'язані, тобто розвиток промисловості, транспорту та містобудування впливають на природний склад води, повітря та ґрунту, а природні фактори в свою чергу визначають характер їжі, умови життя, та промисловий розвиток., населені пункти тощо.

Частота мікробного забруднення повітря все ще висока. Більшість патогенних мікроорганізмів поширюються повітрям і краплями в повітрі.

Особливо гостро ця проблема стоїть у місцях з великим скупченням людей, а також у приміщеннях з рециркуляцією повітря.

Поточне використання ультрафіолетової енергії стає все більш важливим, оскільки це один з основних методів інактивації вірусів, бактерій та грибів. Під інактивацією мікроорганізмів розуміється втрата їх здатності до розмноження після стерилізації або дезінфекції.

У світовій практиці визнано, що ультрафіолетове (УФ) бактерицидне випромінювання є ефективним профілактичним санітарно-епідемічним засобом, що пригнічує життєдіяльність мікроорганізмів у повітрі, воді та на опромінених поверхнях [1].

Ультрафіолетове випромінювання позитивно застосовується в області дезінфекції та стерилізації. Ультрафіолетове випромінювання може ефективно "вбивати" (інактивувати або знищувати) такі мікроорганізми, як віруси та бактерії. Для знищення мікроорганізмів ультрафіолетове випромінювання проникає крізь клітинну мембрану, руйнуючи ДНК, і таким чином зупиняє її здатність до розмноження. Цей руйнівний ефект пояснює, чому ми можемо використовувати ультрафіолетове випромінювання в антибактеріальних лампах для дезінфекції та стерилізації.

Метод ультрафіолетової дезінфекції є одним із фізичних, без реагентних методів. Він позбавлений основних недоліків хімічних методів дезінфекції:

неминучого залишкового вмісту реагентів, неможливості постійного використання реагентів для обробки приміщень, приміщень, обладнання в присутності людей. Ультрафіолетовий метод не має залишкових ефектів при дезінфекції повітря та води, не викликає утворення шкідливих та потенційно небезпечних речовин і не змінює сенсорних характеристик (запаху, смаку). У разі передозування - негативного ефекту також немає. Це дозволяє знищувати віруси та грибки, на які не впливають традиційні хімічні методи, особливо хлорування [2].

РОЗДІЛ 1

ХАРАКТЕРИСТИКА БАКТЕРИЦИДНОЇ (АНТИМІКРОБНОЇ) ДІЇ УЛЬТРАФІОЛЕТОВОГО ВИПРОМІНЮВАННЯ

Ультрафіолетове випромінювання (ультрафіолет, UV, УФ) - це електромагнітне випромінювання, що охоплює діапазон довжин хвиль від 100 до 400 нм оптичного спектру електромагнітних коливань, тобто між видимим і рентгенівським випромінюванням. Види ультрафіолетового випромінювання представлені в табл. 1 [3].

Таблиця 1

Види ультрафіолетового випромінювання

| Найменування | Абревіатура | Довжина хвилі, нм | Кількість енергії на фотон, еВ |
|---|-------------|-------------------|--------------------------------|
| Близький | NUV | 400-300 | 3,10-4,13 |
| Середній | MUV | 300-200 | 4,13-6,20 |
| Далекий | FUV | 200-122 | 6,20-10,2 |
| Екстремальний | EUV, XUV | 121-10 | 10,2-124 |
| Вакуумний | VUV | 200-10 | 6,20-124 |
| Ультрафіолет А, довгохвильової діапазон, чорне світло | UVA | 400-315 | 3,10-3,94 |
| Ультрафіолет В (середній діапазон) | UVB | 315-280 | 3,94-4,43 |
| Ультрафіолет С, короткохвильового, герміцидний діапазон | UVC | 280-100 | 4,43-12,4 |

1.1. Основні характеристики ультрафіолетового випромінювання

Ультрафіолетове випромінювання охоплює діапазон довжин хвиль від 100 до 400 нм спектру електромагнітних коливань. Відповідно до найбільш характерних реакцій, що відбуваються під час взаємодії ультрафіолетового випромінювання та біологічних приймачів, діапазон, як правило, ділиться на три під діапазони (рис. 1.1):

- УФ-А (315-400 нм),
- УФ-В (280-315 нм),
- УФ-С (100-280 нм).

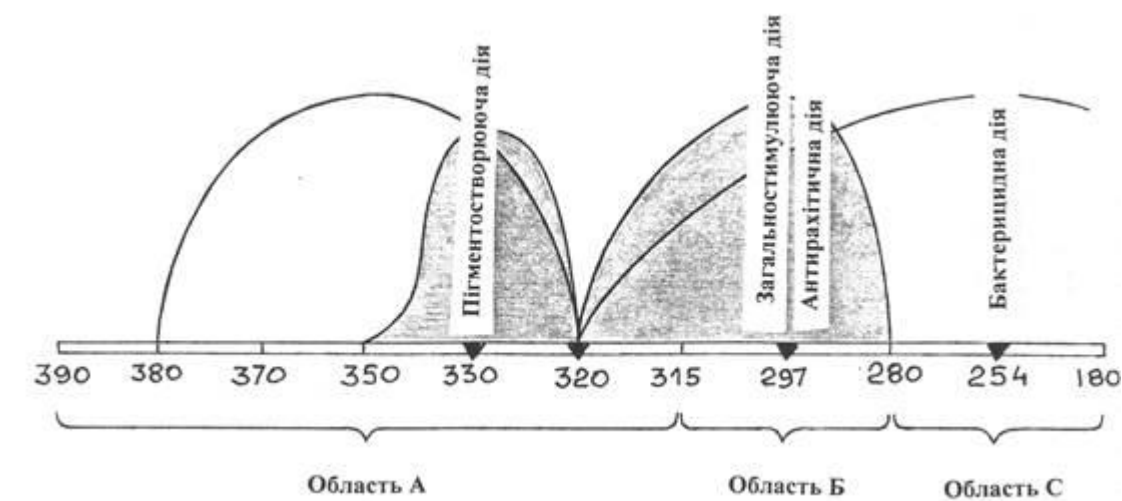


Рис.1.1. Основні діапазони ультрафіолетового випромінювання

Ультрафіолетове випромінювання - це неіонізуюче випромінювання. Бактерицидну дію надає ультрафіолетове випромінювання з діапазоном довжин хвиль 205-315 нм, що проявляється як деструктивно-модифіковане фотохімічне пошкодження нуклеїнових кислот, що призводить до загибелі першого або наступного покоління мікробних клітин. На різні довжини хвиль живі мікробні клітини по-різному реагують на ультрафіолетове випромінювання. Залежність ефективності стерилізації від довжини хвилі випромінювання називається спектром дії. З кривої ефективності стерилізації видно (рис. 1.2), що ефект стерилізації, очевидно, працює лише у вузькому діапазоні 230 ... 300 нм, що

становить приблизно одну четверту від діапазону, який називається ультрафіолетом [8].

Віруси та бактерії (палички, коки) у поживному стані більш чутливі до впливу ультрафіолетового випромінювання. Менш чутливі гриби та прості мікроорганізми. Найбільшу стійкість мають бактерії у вигляді спор.

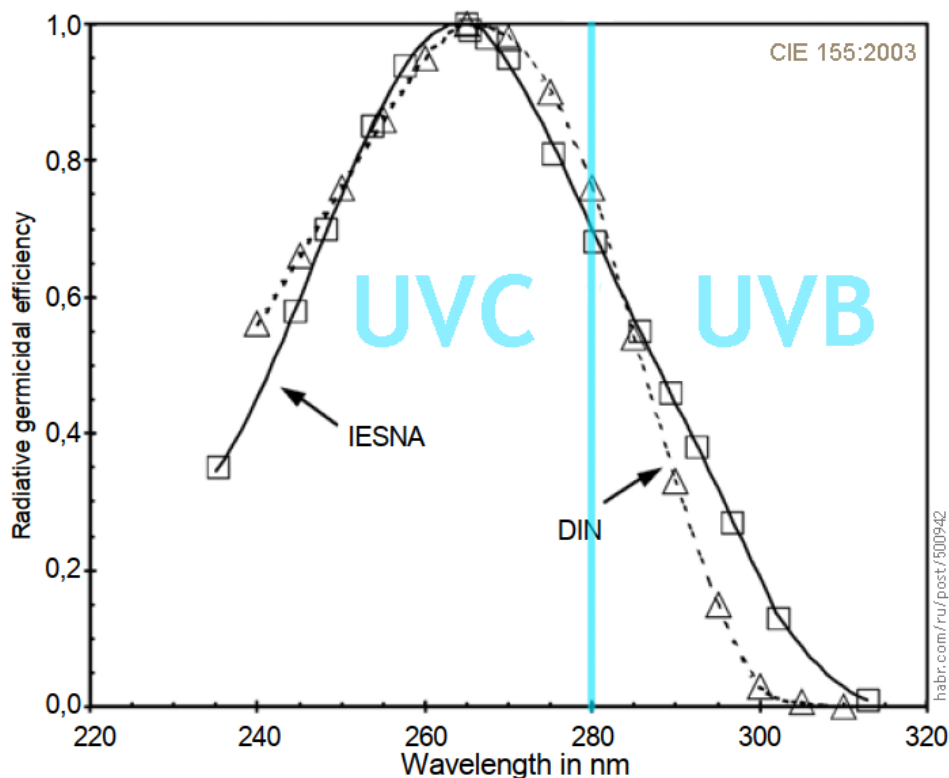


Рис.1.2. Криві бактеріцидної ефективності з [CIE 155: 2003]

Кванти з довжиною хвилі в цьому діапазоні поглинаються нуклеїновими кислотами, завдаючи шкоди структурі ДНК і РНК. На додаток до бактеріцидної (вбиваючої бактерії), ця лінійка також має протівірусну (антивірусну), фунгіцидну (протигрибкову) та спороцидну (вбиває спори) дію.

Фізична (або енергетична) кількість випромінювання використовується для опису характеристик ультрафіолетового випромінювання. Вимірювання цих величин поділяється на спектрний метод та інтегральний метод. Спектроскопія вимірює значення спектральної щільності значення випромінювання монохроматичного випромінювання у вузькому діапазоні довжин хвиль. Інтегрований метод оцінює загальне випромінювання лінійних та безперервних

спектрів у певному спектральному діапазоні. За реальних умов експлуатації через багато факторів, що впливають на параметри бактерицидної лампи, ефективність бактерицидних властивостей може знизитися.

1.2. Користь УФ-променів

Подібно до природного ультрафіолетового випромінювання, випромінюваного сонцем, світло виробляється спеціальними пристроями, які впливають на рослини та біологічні клітини та змінюють їх хімічну структуру. Сьогодні дослідникам відомо лише, що кілька видів бактерій можуть існувати без цих променів. Інші істоти, за відсутності ультрафіолетового випромінювання, неодмінно загинуть.

Ультрафіолетові промені можуть мати значний вплив на події обмінних процесів. Вони посилюють синтез серотоніну та мелатоніну та позитивно впливають на центральну нервову систему та ендокринну систему. Під дією ультрафіолету активується вироблення вітаміну D, який є головним компонентом, що сприяє засвоєнню кальцію та запобігає розвитку остеопорозу та рахіту [4].

Біологічний ефект ультрафіолетового випромінювання в трьох спектральних областях суттєво різниться, тому біологи іноді визначають такі діапазони як найважливіші діапазони в своїй роботі:

- Близькі ультрафіолетові промені УФ-А (UVA, 315-400 нм),
- УФ-В промені (UVB, 280-315 нм),
- Дальні ультрафіолетові промені UV-C (UVC, 100-280 нм).

Коли сонячне світло проходить через земну атмосферу, майже весь UVC і приблизно 90% UVB поглинаються озоном, водяною парою, киснем та вуглекислим газом. Випромінювання з діапазону UVA рідко поглинається атмосферою. Отже, випромінювання, що досягає поверхні землі, переважно містить ближнє ультрафіолетове випромінювання UVA і містить UVB в невеликому діапазоні. Слід зазначити, що довжина хвилі UVB-променів може

досягати лише епідермісу. Промені UVA мають більшу довжину хвилі і можуть проникати через дерму, оскільки озон в атмосфері поглинає дуже мало цієї частини ультрафіолетового спектра (рис. 1.3) [10].

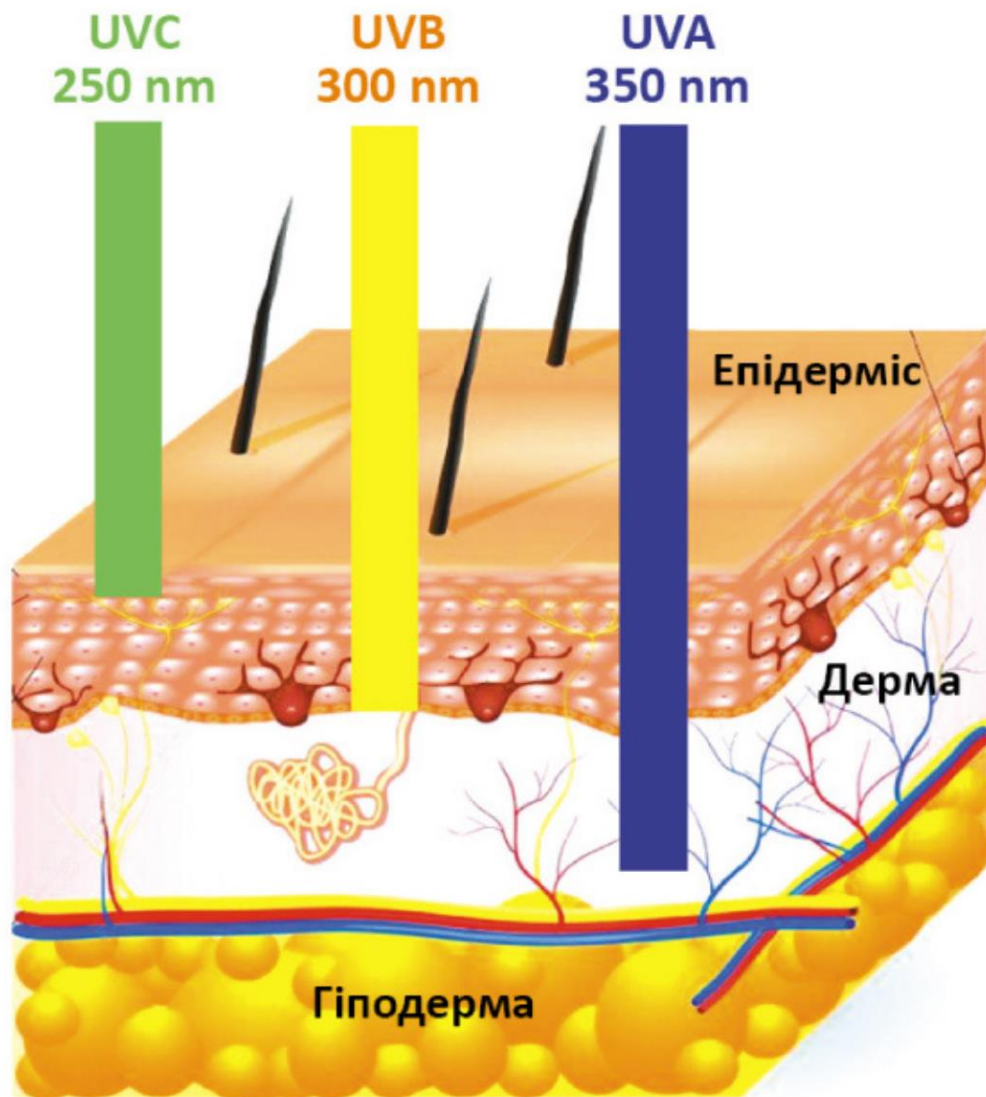


Рис.1.3. Проникна здатність ультрафіолету в шкіру людини.

1.3. Шкода УФ-променів

Шкідливий для живих організмів сильне ультрафіолетове випромінювання не буде передаватися на землю через стратосферний озоновий шар. Однак промені, що досягають середнього діапазону поверхні нашої планети, можуть спричинити:

- Ультрафіолетова еритема - важкі опіки шкіри;
- Катаракт - кришталика ока, що призводить до сліпоти;
- Меланома - рак шкіри.

Крім того, ультрафіолет має мутагенну дію, що може пошкодити імунну систему та викликати рак [10].

1.4. Використання бактерицидних властивостей ультрафіолету

Ультрафіолетові промені можуть вбивати грибки та інші мікроорганізми в предметах, поверхнях стін, підлозі, стелі та повітрі. Ці бактерицидні властивості ультрафіолетового випромінювання широко використовуються в медицині, і їх використання є доцільним. Спеціальні лампи, що генерують ультрафіолетове світло, забезпечують стерильність операційної (рис.1.4.). Однак лікарі використовують ультрафіолетове бактерицидне випромінювання не тільки для боротьби з різними лікарняними інфекціями, але і як метод усунення багатьох захворювань. Останніми роками все частіше застосовується ультрафіолетове світло для дезінфекції повітря. Рециркулятори та випромінювачі встановлюються в місцях, де багато людей, таких як супермаркети, аеропорти та залізничні станції. Застосування УВІ, впливає на мікроорганізми, що дозволяє дезінфікувати середовище їх проживання найвищим ступенем, до 99,9% [4].



Рис.1.4. Стерилізація лікарняної палати.

Найбільший бактерицидний ефект характерний для діапазону UVC, з піковим значенням приблизно 260-265 нм. Принцип ультрафіолетової бактерицидної дії головним чином обумовлений руйнуванням зв'язків у молекулах нуклеїнових кислот, ДНК чи РНК та мікроорганізмів ультрафіолетовими фотонами. Крім того, певною мірою ультрафіолетові промені можуть викликати фотохімічні реакції мікробних білків. Найчутливішою мішенню бактерицидних ультрафіолетових променів є бактеріальна ДНК, за нею йдуть ДНК, що містять ДНК-віруси, а потім РНК, що містять РНК-віруси та грибову ДНК. [6]

РОЗДІЛ 2

УЛЬТРАФІОЛЕТОВІ ОПРОМІНЮВАЧІ

Ультрафіолетова стерилізація опроміненого повітря здійснюється за допомогою обладнання для ультрафіолетового випромінювання, принцип якого полягає у генеруванні випромінювання через скраплений газ (включаючи пари ртуті) у герметичному корпусі через розряд (рис. 2.1). За конструкцією опромінювачі поділяються на три групи: відкриті, комбіновані і закриті [6].



Рис.2.1. Класична газова ультрафіолетова лампа.

2.1. Відкриті опромінювачі

Їх принцип роботи полягає в безпосередньому опроміненні приміщення ультрафіолетовими променями, знезаражуючи повітря і поверхню предметів без людей. Дезінфекція відбувається в місцях, безпосередньо підданих дії ультрафіолетового світла. Місця та райони, які не зазнають безпосереднього впливу ультрафіолету, не дезінфікували, тому їх зазвичай називають «мертвими зонами» (рис. 2.2).

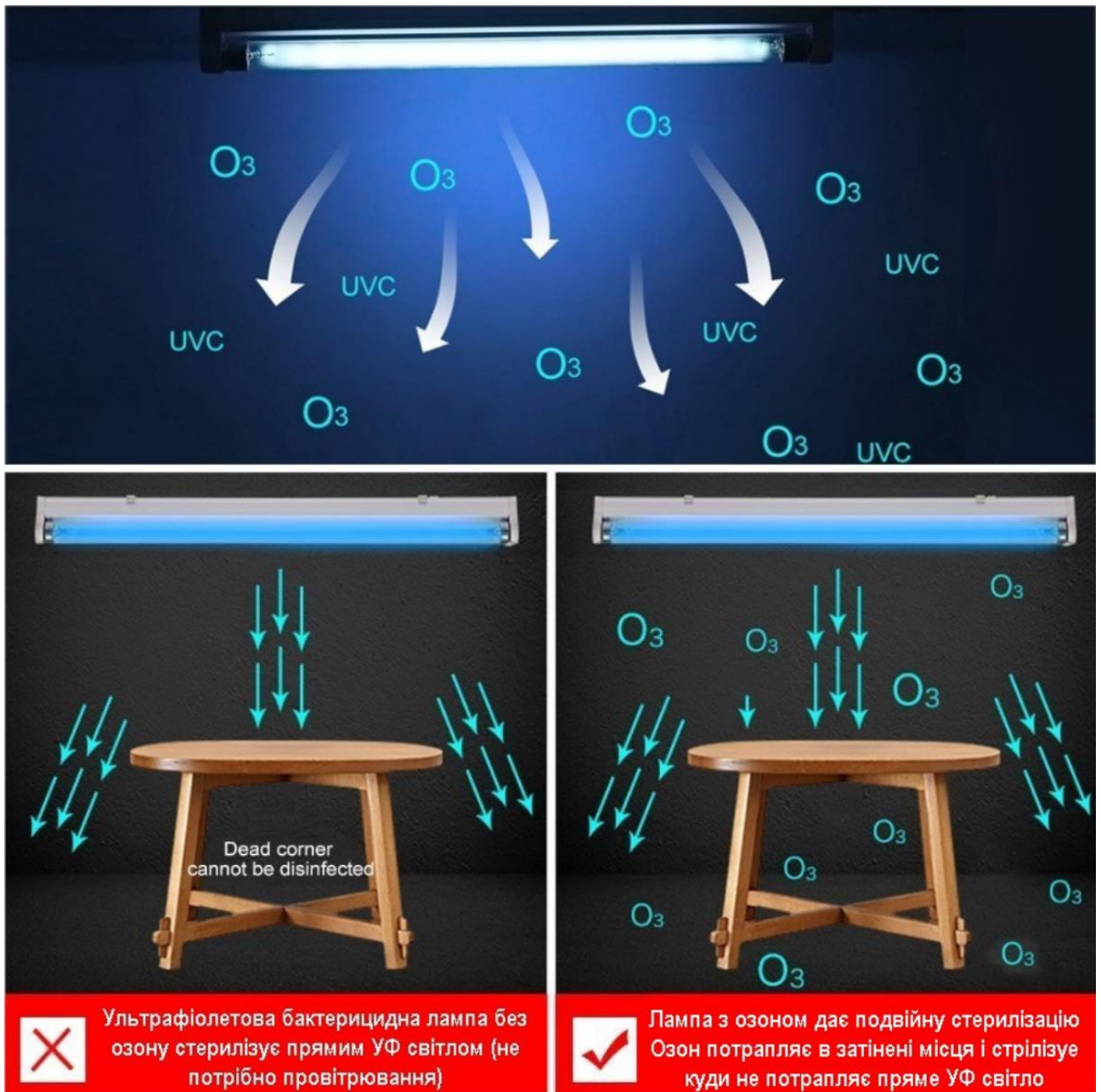


Рис.2.2. Принцип дії УФ опромінювача відкритого типу з озоном та без нього.

Слід розуміти, що ультрафіолетові промені лише дезінфікують поверхню і не мають проникаючої сили. Коли мікроорганізми знаходяться всередині пилу, бруду, жиру або "мертвих" ділянок робочої поверхні, їх використання буде не ефективним. Тому ніколи не рекомендується використовувати відкритий УФ-випромінювач як єдиний засіб для дезінфекції місця, але при використанні з миючими та дезінфікуючими засобами вони дадуть хороші результати [6].

Важливо також зазначити, що відкриті УФ-випромінювачі, що використовуються для дезінфекції повітря, не придатні для запобігання передачі по повітрю під час тривалого утворення інфекційних аерозолів.

Для того, щоб оцінити кількість опромінених УФ-випромінювачів, застосовується правило: 1-2,5 Вт потужності бактерицидної УФ-лампи на кубічний метр приміщення. Тому відкритий ультрафіолетовий випромінювач придатний для дезінфекції повітря та поверхонь, як додатковий метод, що застосовується в поєднанні з іншими методами після загального чи планового прибирання приміщень [6].

2.2. Екрановані опромінювачі

Їх принцип роботи полягає в постійній дезінфекції верхньої частини приміщення бактерицидним ультрафіолетовим випромінюванням, коли в приміщенні перебувають люди (рис. 2.3). Використовується для знезараження повітря в приміщеннях, особливо в умовах недостатньої вентиляції (механічної та природної). Ефективність екрануючого УФ-опромінювача залежить від змішування повітря між верхньою і нижньою зонами в приміщенні, що може забезпечуватися завдяки роботі, наприклад, вентиляції або будь-якого типу вентилятора [12].

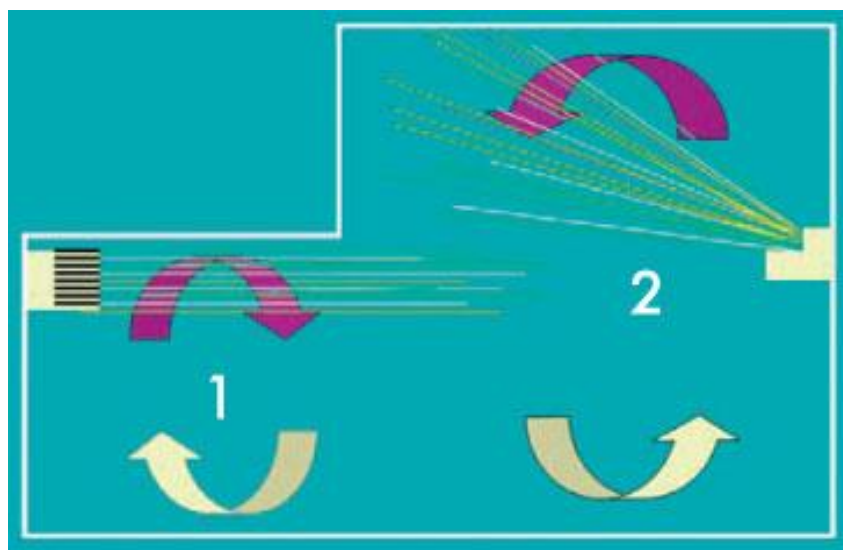


Рис.2.3. Принцип дії УФ опромінювача відкритого типу з озоном та без нього.

Екрановані радіатори, розділені за типом конструкції, бувають звичайними (з відкритим верхом) і жалюзі. Для приміщень висотою не більше 2,8-3 м рекомендується використовувати екранований опромінювач із жалюзі, щоб зменшити ризик надмірного рівня УФ в нижній частині приміщення, де знаходяться люди. Щоб приблизно розрахувати кількість УФ-екрануючих радіаторів, використовуйте таке правило: одна УФ-лампа на 30 Вт на 18-20 квадратних метрів площі. Для ефективної дезінфекції повітря в приміщенні рекомендується вибрати цей тип екранованого радіатора та розмістити його у верхній частині приміщення, щоб середній рівень ультрафіолетового випромінювання становив 30-50 мкВт / см² [12].

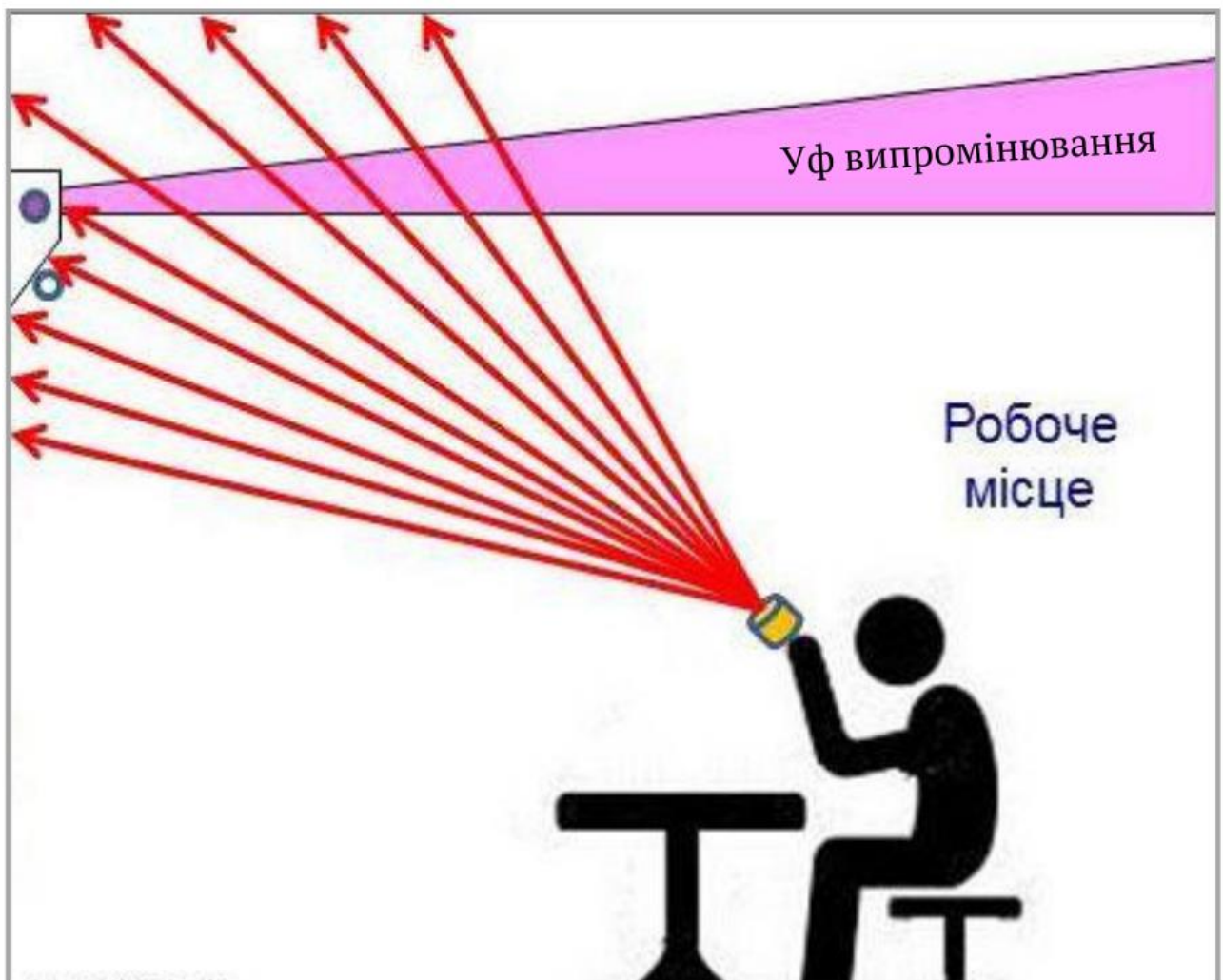


Рис.2.4. Вимірювання рівня УФ випромінювання на рівні очей на робочому місці.

Ультрафіолетове випромінювання у верхній частині кімнати може відбиватися на стелі, стінах та будь-яких предметах у нижній частині кімнати. Тому необхідно перевірити безпечний рівень УФ-випромінювання в нижній частині приміщення. Ці вимірювання зазвичай проводяться на висоті очей людини (1,7 м), ліжок пацієнтів та робочих місць працівників (рис. 2.4.). Щоб зменшити ризик перевищення рівня УФ в нижній частині приміщення під час роботи екрануючого випромінювача, слід уникати матеріалів з високою УФ-відбивною здатністю (наприклад, побілка), а також матеріалів з низькою УФ-відбивною здатністю (таких як містять слід віддавати перевагу діоксиду титану або оксиду цинку). З тієї ж причини не рекомендується використовувати екрановані УФ-випромінювачі в приміщеннях з висотою стелі менше 2,3 м [6].

2.3. Закриті опромінювачі

Принцип роботи полягає в тому, що повітря з приміщення проходить через корпус пристрою, в якому працює бактерицидна УФ-лампа. (рис. 2.5.)

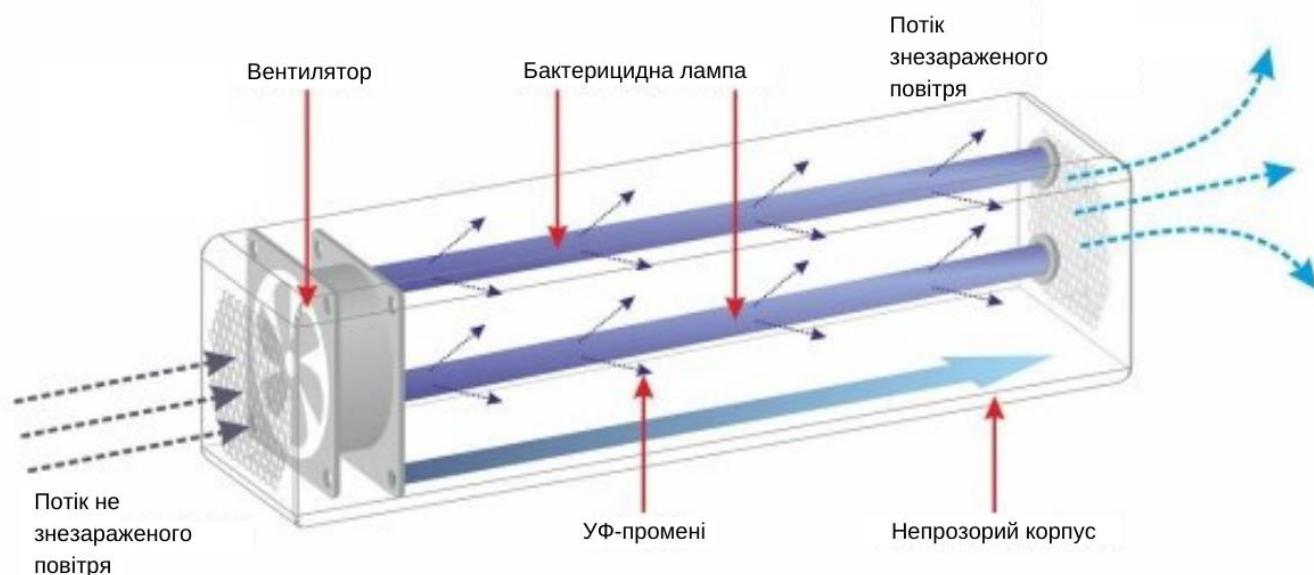


Рис.2.5. Принцип дії УФ опромінювача відкритого типу з озоном та без нього.

Для дезінфекції використовувати рециркулятор не рекомендується. Основна причина полягає в тому, що ефективність занадто низька. Щоб це зрозуміти, необхідно зрозуміти, що таке ефективна дезінфекція повітря в приміщенні. Насправді забруднення повітря (включаючи інфекційні аерозолі) не є сталою величиною. Наприклад, у туберкульозному відділенні або кабінеті бронхоскопії повітря постійно забруднюється. Дуже важливо якомога швидше ефективно усунути або продезінфікувати це «забруднення», щоб зменшити ризик зараження медичного персоналу та/або розповсюдження іншими хворими та інфекційних аерозолів в інші приміщення.

Для оцінки ефективного очищення (дезінфекції) повітря в практиках боротьби з інфекціями прийнято використовувати термін еквівалентний повітрообмін у множині. Одноразова заміна повітря полягає у видаленні 63% забруднення повітря з приміщення за годину, подвійне видалення додаткових 63% залишків (37% запасу $(100-63)$; $37 * 63\% \approx 23\%$; тобто, загалом кажучи, Подвійний повітрообмін видаляє $63 + 23 = 86\%$ "забруднення" за годину). Рекомендована швидкість для очищення повітря (дезінфекції) становить щонайменше 6 разів зміни повітря (тобто 99% очищення повітря за 46 хвилин), а ідеальна - 12 разів зміни повітря (тобто 99% очищення повітря за 23 хвилини).

Тому в більшості випадків використання рециркуляторів для знезараження повітря в приміщеннях є мірою, ефективність якої сумнівна [6].

РОЗДІЛ 3

РОЗРОБКА УЛЬТРАФІОЛЕТОВОГО ІНАКТИВАТОРА

Розробку власного ультрафіолетового бактерицидного інактиватора, я почав з ознайомлення існуючих пристроїв, що можна придбати. Була розглянута бактерицидна маска, розроблена американським стартапом «UM Systems» (рис 3.1) [9].



Рис.3.1. Бактерицидна маска компанії «UM Systems».

Було виділено ряд позитивних характеристик цієї розробки:

- Висока ефективність бактерицидного випромінювача,
- Додаткова фільтрація дрібних елементів змінним фільтром, класу CE-FFP2
- Компактність та дизайн,
- Практичність та універсальність.

Проте не обійшлося без мінусів:

- Висока ціна (220-250\$),
- Відсутність можливості купити в Україні в короткі терміни [9].

Зважаючи на ці фактори, було сформоване завдання розробити подібний пристрій, з більш демократичнішою ціною, та з компонентів, що можна знайти на Українському ринку.

3.1. Електронні компоненти бактерицидного інактиватора

Оскільки одним із завдань було розробити пристрій з максимально доступних компонентів, то місцем їх пошуку став Київський радіо ринок. На ньому вдалося знайти всі компоненти для майбутнього пристрою, а саме (рис. 3.2):

- Ультрафіолетовий діод PB2D-UCLA-TC (265-280 нм),
- Акумулятор (Li-ion) 400 mAh,
- Контролер заряду акумулятора,
- Регульований підвищувач перетворювач MT3608,
- Кнопка (вимикач).



Рис.3.2. Електронні компоненти.

Ультрафіолетовий діод RB2D-UCLA-TC (265-280 нм) був обраний не випадково, адже за даташитом він має такі характеристики (рис. 3.3) [11]:

| | |
|-------------------------|---------------|
| Производитель | ProLight Opto |
| Рабочая температура | -40...60°C |
| Цвет диода LED | УФ-С |
| Рабочее напряжение | 5...8В |
| Исполнение диода LED | EMITER |
| Тип диода | LED мощный |
| Размеры | 3,5x3,5мм |
| Форма | квадратная |
| Линза диода | прозрачная |
| Ток диода LED | 30мА |
| Длина волны λ_d | 265-280нм |
| Максимальная мощность | 200мВт |
| Обзор | 120° |

Рис.3.3. Характеристики УФ діода PB2D-UCLA-TC.

Його довжина хвилі випромінювання підходить ідеально під бактерицидні стерилізацію, він компактний і має малий струм споживання, що дозволяє працювати довгий проміжок часу, від акумулятора. Також була розраховано, чи цей УФ діод буде здатний ефективно інактивувати повітря в пристрої маски.

Кількість мікроорганізмів, що вижили на поверхнях і в повітрі при збільшенні дози ультрафіолету знижується по експоненті. Наприклад, доза, що вбиває 90% мікобактерій туберкульозу - 10 Дж / м². Дві таких дози вбивають 99%, три дози вбивають 99,9% і т.д (рис. 3.4).

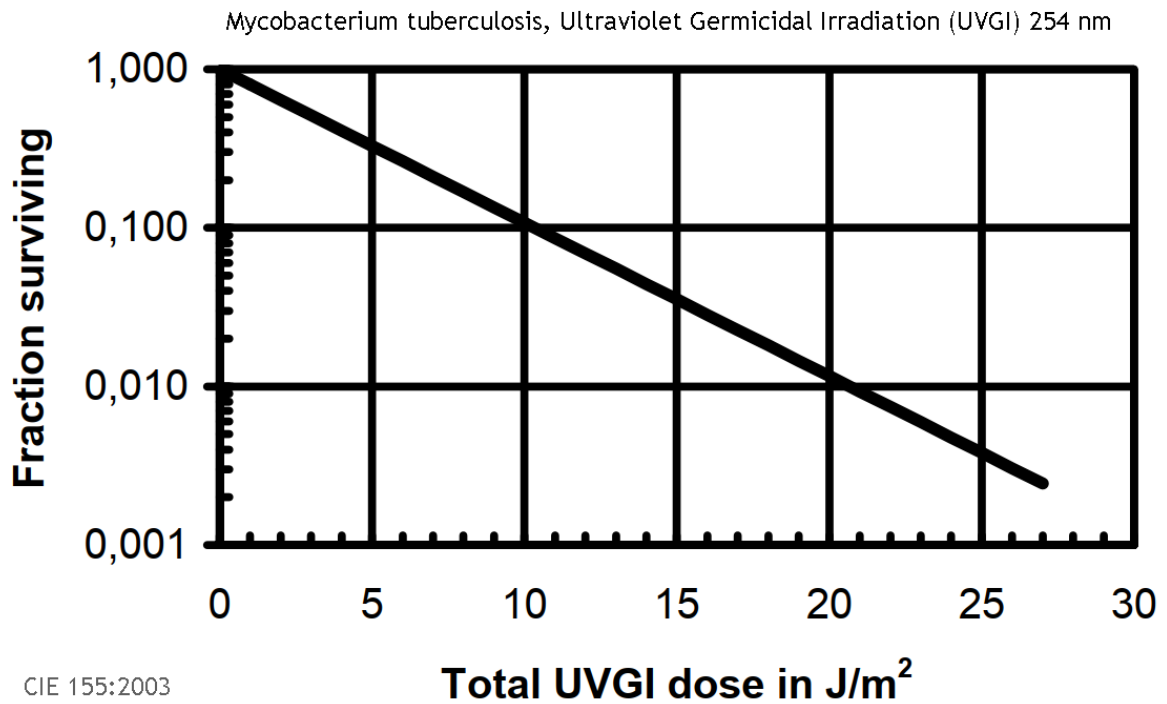


Рис.3.4. Вплив УФ випромінювання на мікроорганізми.

Серед перерахованих в [CIE 155: 2003] патогенних мікроорганізмів найбільш стійка до ультрафіолету сальмонела. Доза, що вбиває 90% її бактерій - 80 Дж/м². За даними огляду [Kowalski2020] середнє значення дози, яка вбиває 90% коронавіруси - 67 Дж/м². Але для більшої частини мікроорганізмів ця доза не перевищує 50 Дж/м². Для практичних цілей можна запам'ятати, що стандартна доза, дезінфікуюча з ефективністю 90%, - це 50 Дж/м².

Приклад оцінки необхідного часу опромінення: припустимо, необхідно дезінфікувати повітря і поверхні в кімнаті розміром 5 × 7 × 2,8 метра, для чого використовується одна відкрита лампа Philips TUV 30W.

У технічному описі лампи вказано бактерицидний потік 12 Вт . В ідеальному випадку весь потік йде строго на дезінфекцію поверхні, але в реальній ситуації половина потоку пропаде без користі, наприклад буде надмірно інтенсивно висвітлювати стінку за світильником. Тому будемо розраховувати на корисний потік 6 Вт. Загальна опромінена площа поверхонь в приміщенні - підлога 35 м² + стеля 35 м² + стіни 67 м², разом 137 м².

В середньому на поверхні падає потік бактерицидного випромінювання $6 \text{ Вт}/137\text{м}^2 = 0,044 \text{ Вт}/\text{м}^2$. За годину, тобто за 3600 секунд на ці поверхні доведеться доза $0,044 \text{ Вт}/\text{м}^2 \times 3600 \text{ з} = 158 \text{ Дж}/\text{м}^2$, або округлено $150 \text{ Дж}/\text{м}^2$. Що відповідає трьом стандартних доз $50 \text{ Дж}/\text{м}^2$. А так як розрахована доза, перш ніж впасти на поверхні, пройшла через обсяг кімнати, з не меншою ефективністю продезінфікований і повітря [7].

Отже якщо УФ діод PB2D-UCLA-TC, буде весь час створювати випромінювання з половиною потужності від заявленої максимальної (100 мВт), то отримаємо такий результат: для поверхні внутрішніх стінок корпусу, до 100 см^2 , при потужності випромінюванні 100 мВт буде падати доза бактерицидного опромінювання близько $3600 \text{ Дж}/\text{м}^2$, що на порядок більше дози випромінювання лампи, з прикладу вище. Таку дозу отримуємо протягом години, проте доцільно перевірити, чи вистачить цього для щосекундного знезараження повітря, яку вдихає та видихає людина. Існує правило, за яким для знезараження 1 м^3 повітря, необхідний УФ випромінювач потужністю 1-2,5 Вт. Враховуючи це правило, отримуємо результат, що діод PB2D-UCLA-TC, при випромінненні потужністю 100мВт, за секунду знезаражує $0,1 \text{ м}^3$. Виходячи з того, що середньостатистичний вдих-видих людини триває 3-4 секунди, та має об'єм 1-2 літри, можу вважати діод PB2D-UCLA-TC доцільний у використанні для бактерицидної УФ маски.

Акумуляторна батарея на 400 mAh та напругою 3.7 В, з розмірами $2.2 \times 42 \times 43 \text{ мм}$. Вона була обрана завдяки достатній ємності, при потрібних габаритах, які поміщаються в корпус маски. Також перевагою цієї батареї є вбудований захист від перезаряду (рис. 3.5).

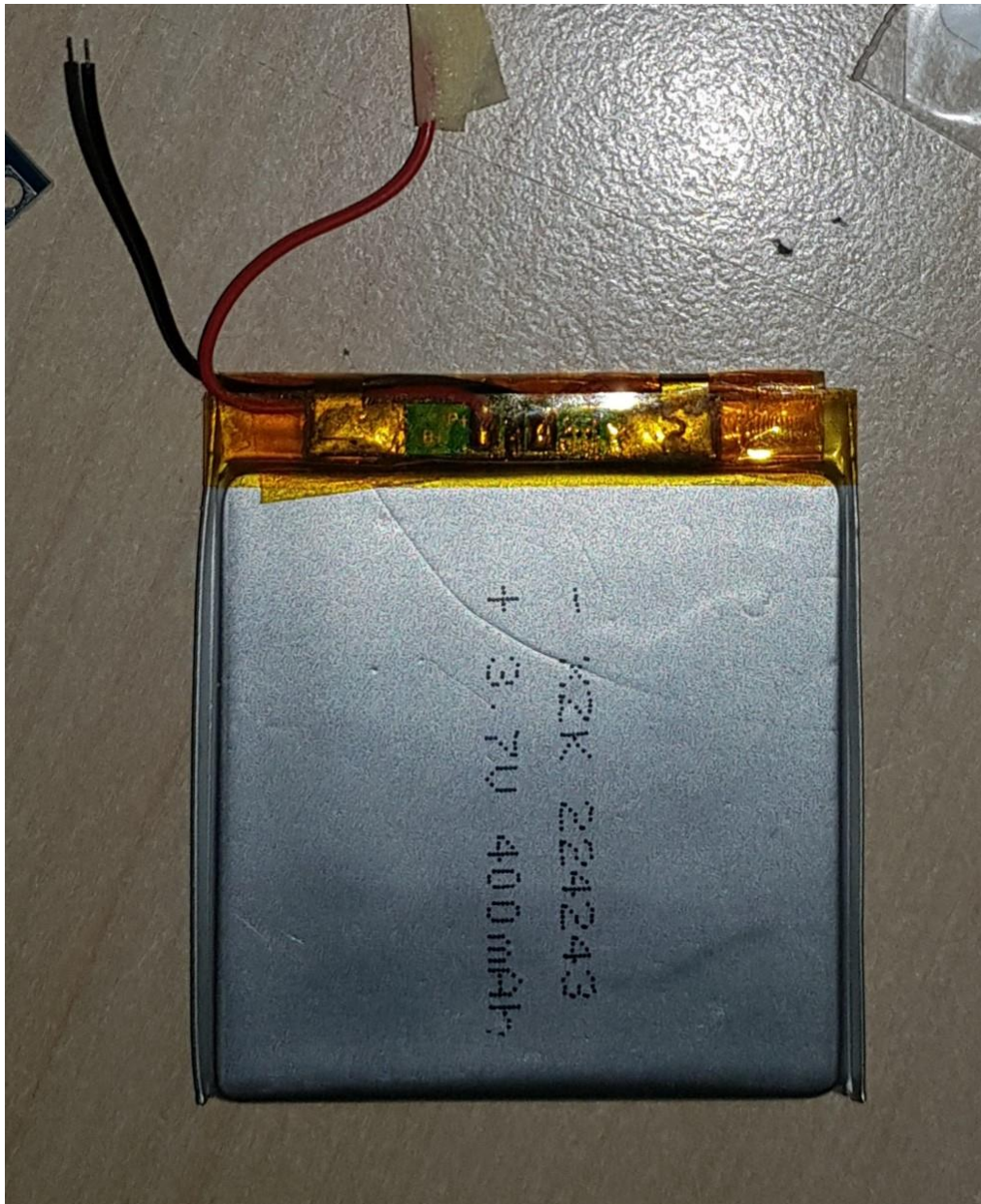


Рис.3.5. Акумуляторна батарея

Контролер заряду батареї (FC-45 TP4056), потрібний в моїй схемі, щоб зручно та без шкоди поповнювати заряд акумулятора, через вбудований порт micro USB.

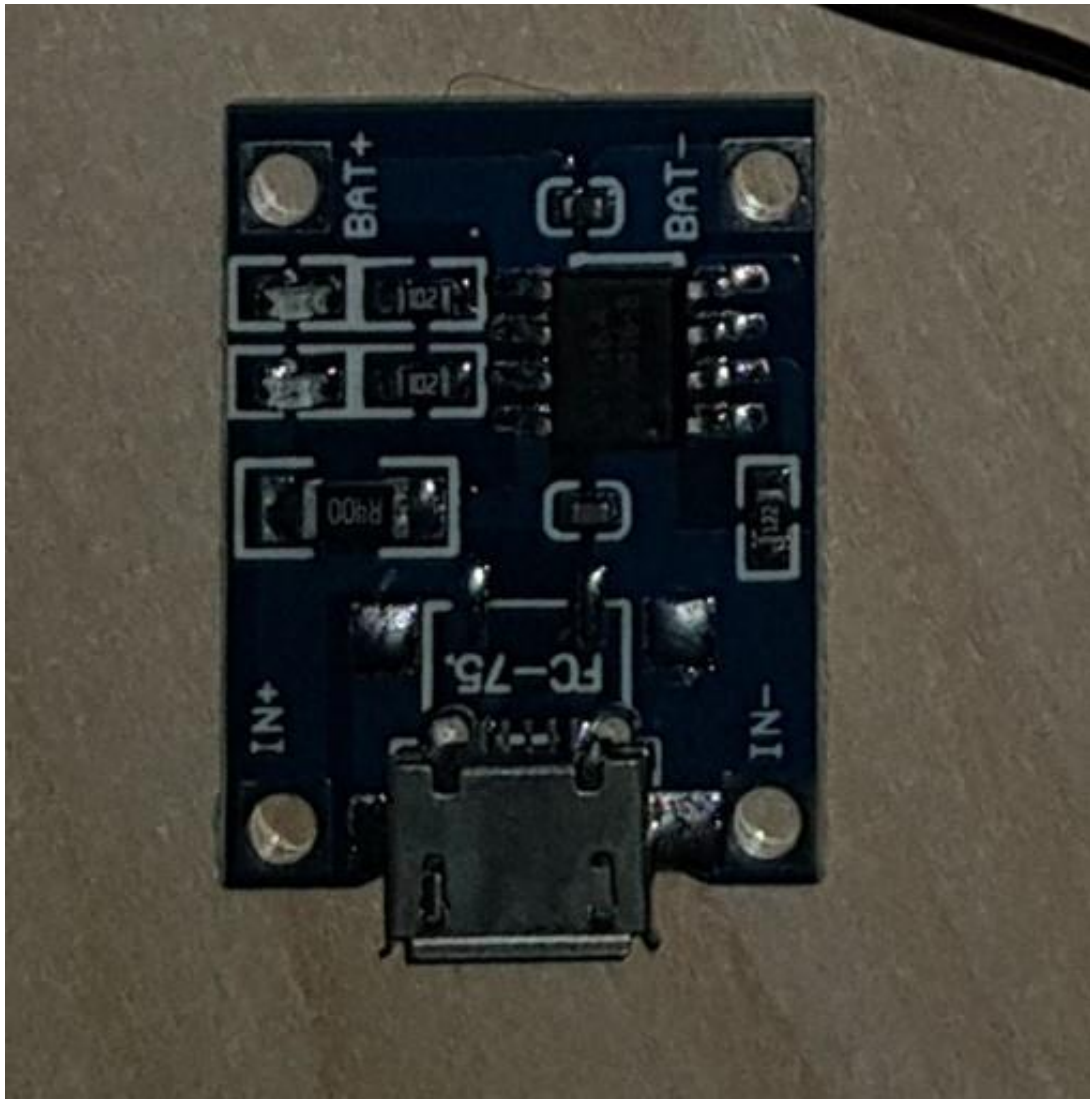


Рис.3.6. Контролер заряду батареї (FC-45 TR4056).

Мініатюрний регульований підвищуючий перетворювач (MT 3608) дозволяє збільшити напругу з акумулятора 3.7V до потрібних для живлення УФ діода 5-8 В.



Рис.3.7. Мініатюрний регульований підвищуючий перетворювач (MT 3608).

3.2. Електрична схема

На базі електричних компонентів з попереднього розділу, була створена блок-схема в «Multisim live».

Multisim™ - це програмне забезпечення промислового стандарту, що підтримує SPICE. Воно застосовується для моделювання та програмування схем для аналогової, цифрової і силової електроніки в освітній та дослідницькій галузях.

ПЗ Multisim™ інтегрує стандартну симуляцію на основі SPICE з інтерактивним схемотехнічним середовищем для миттєвої візуалізації і аналізу поведінки електронних схем. Додаючи в процес розробки потужний симулятор схем і її аналіз, Multisim™

допомагає дослідникам і проектувальникам скоротити число циклів прототипування друкованої плати (PCB) і заощадити витрати на розробку.

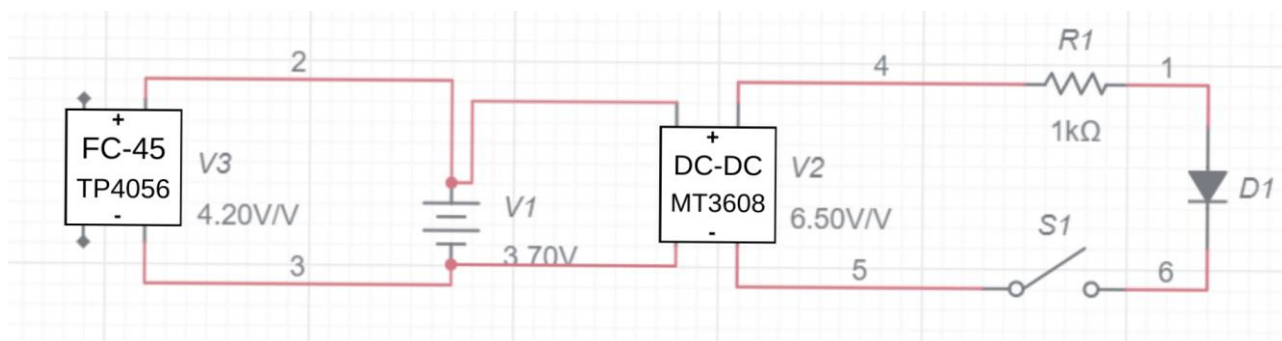


Рис.3.7. Електрична схема підключення бактерицидного інактиватора.

3.3. Корпус та його моделювання

Корпус бактерицидного інактиватора було змодельовано для друку на 3д принтері. Враховано габаритні розміри компонентів, а також було зроблене “лабіринтне перекриття” на виходах для повітря, щоб в ультрафіолетового випромінювання не було можливості покинути межі корпусу та нашкодити шкірі або очам людини. В корпусі відокремлений відділ під електроніку, від активної частини, де є бактерицидне випромінювання (рис. 3.8).

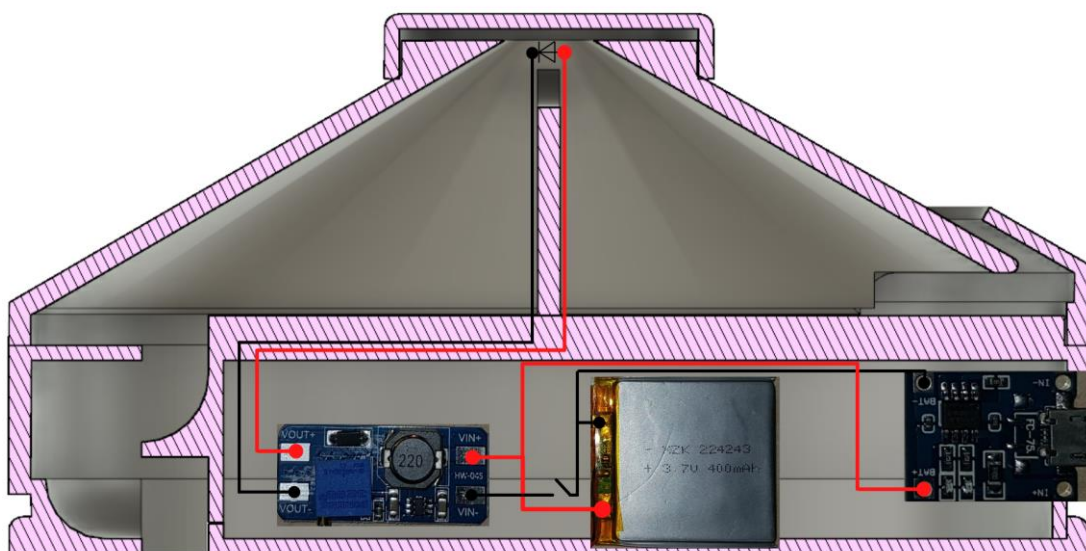


Рис.3.8. Схематичне розміщення компонентів всередині корпусу.

У верхній частині корпусу, встановлюється УФ діод у вершину конуса, з кутом 120 градусів, що відповідає куту випромінювання діоду. Повітря з зовні потрапляє всередину маски, проходить через отвір розташований під діодом, та з іншої сторони перегородки потрапляє до маски і до легенів людини. Такий самий шлях проходить повітря, що видихається (рис. 3.9). За рахунок такої конструкції, повітря проходить більшу відстань під випроміненням УФ діода, що позитивно впливає на ефективність знезараження.

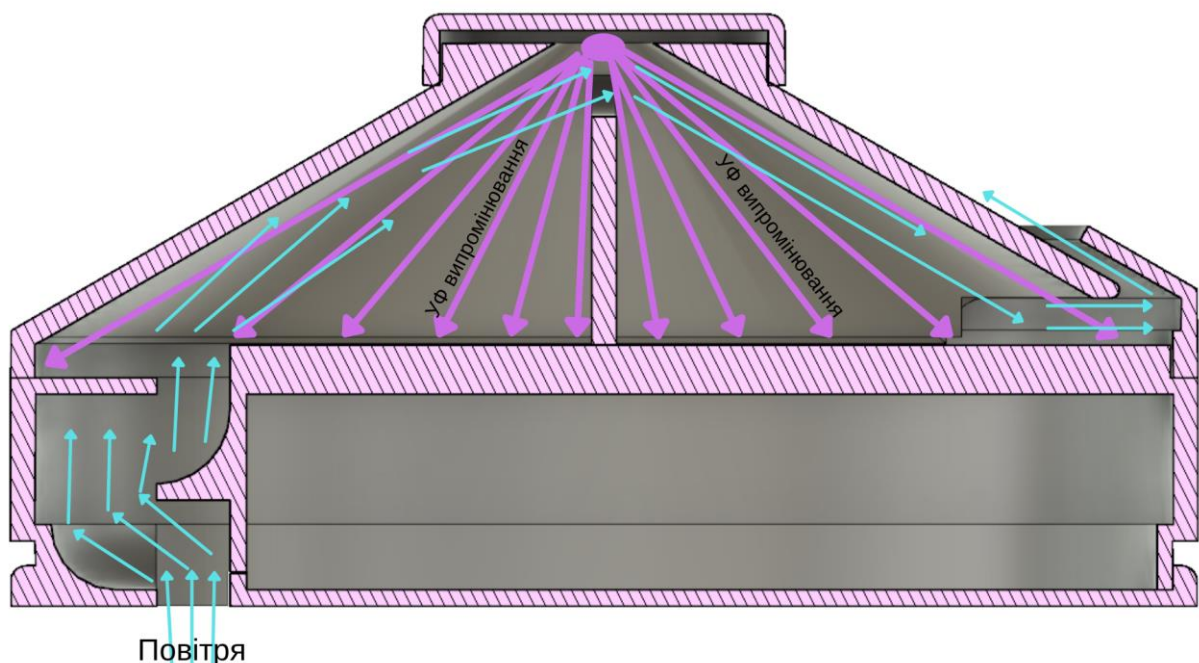


Рис.3.9. Схематичне зображення процесу знезараження повітря, що проходить через корпус

Носити такий бактерицидний інактиватор потрібно закріпивши його в спеціальній масці виготовленій з силікону, що дозволяє щільно прилягати до обличчя і не пропускати повітря ніде, окрім через сам пристрій (рис. 3.10-3.11).

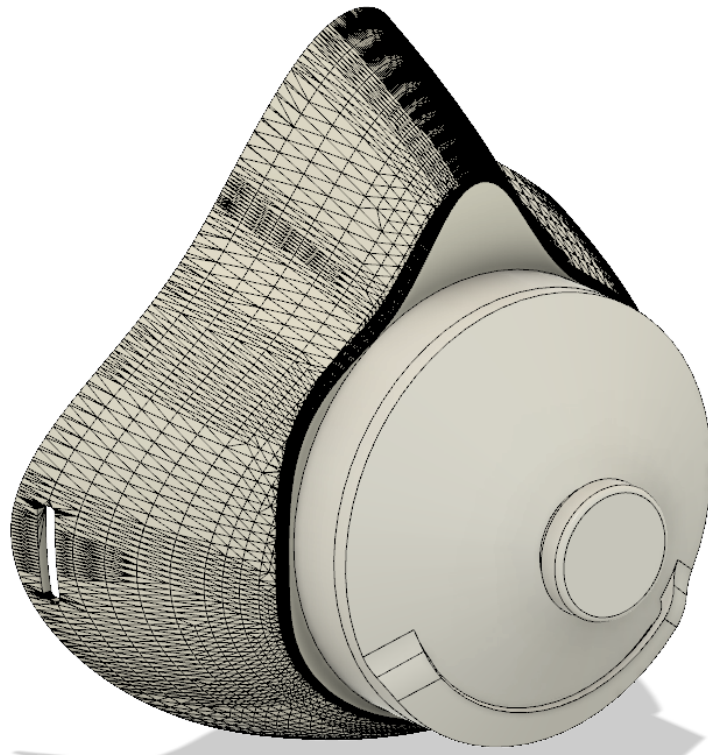


Рис.3.10.Бактерицидна маска в зборі.

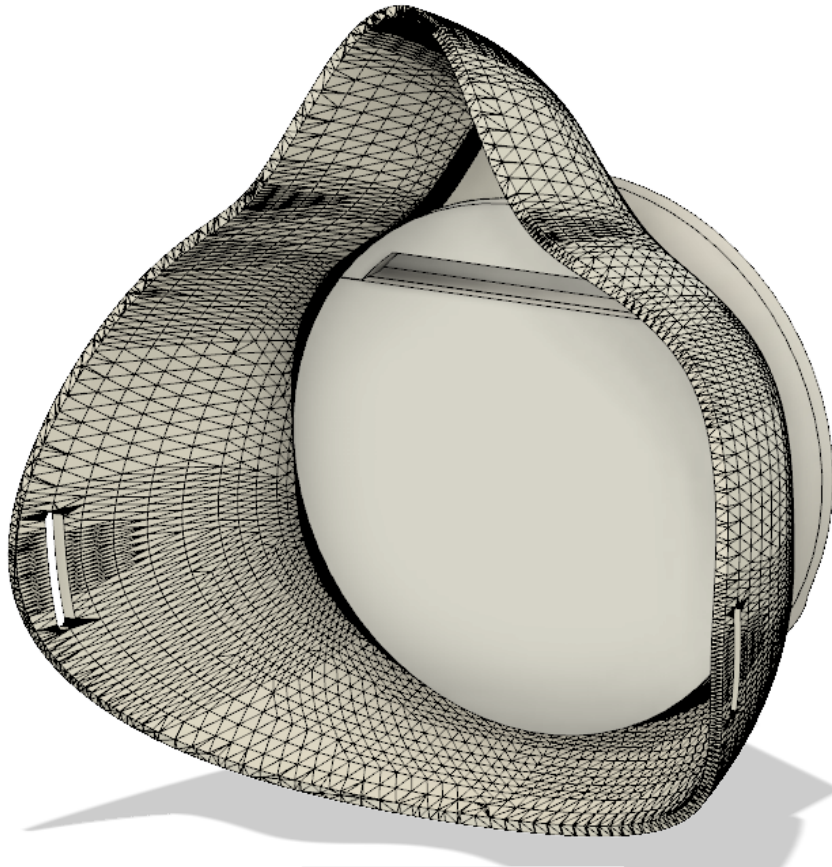


Рис.3.11. Бактерицидна маска в зборі.

3.4. Збірка пристрою.

Мною виготовлений працюючий прототип. Корпус був надрукований на 3д принтері. Далі було спаяно всю схему, розміщено та закріплено всі компоненти в корпусі (рис. 3.12-3.13).

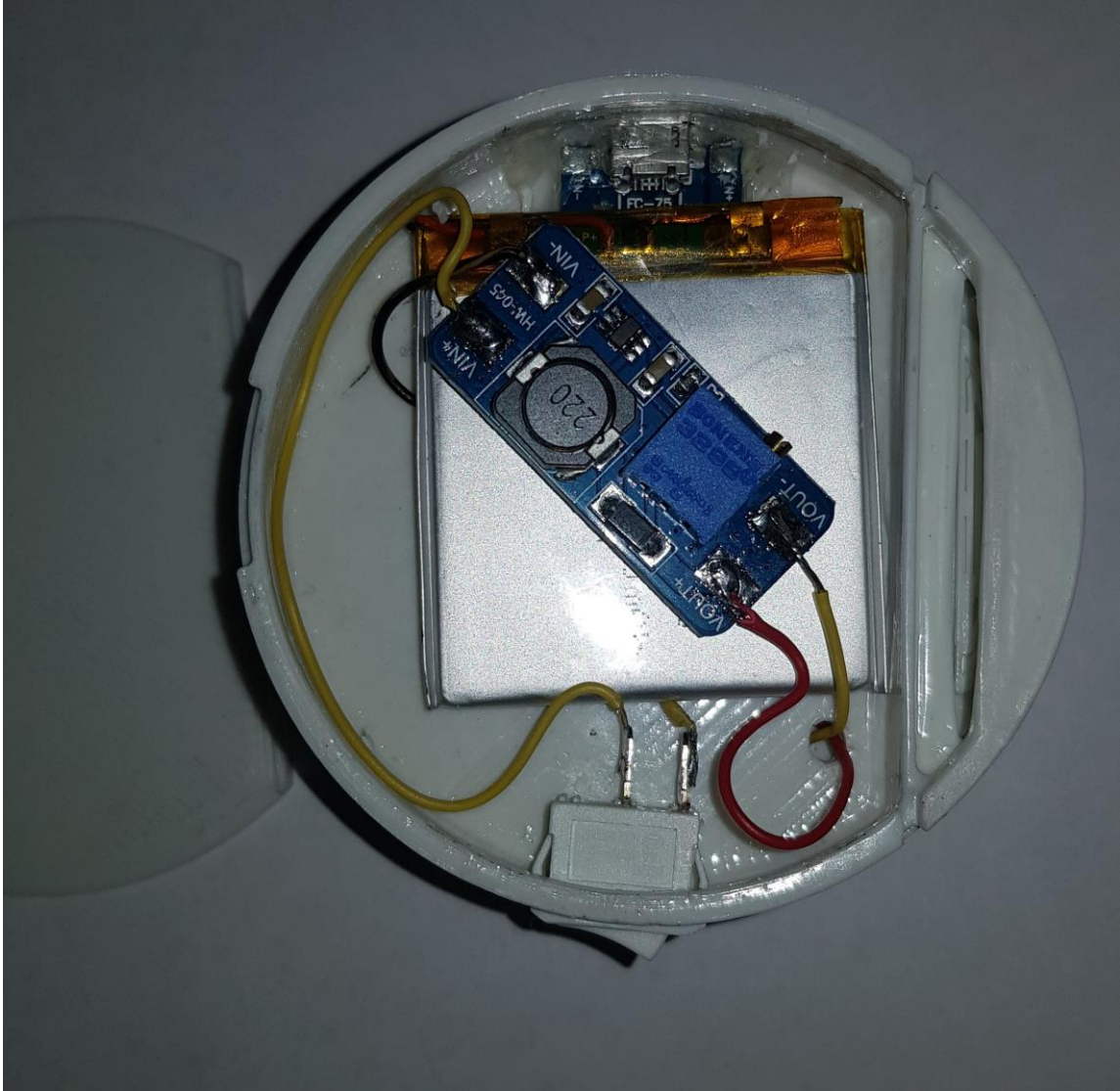


Рис.3.12. Розміщення електронних компонентів всередині друкованого корпусу.

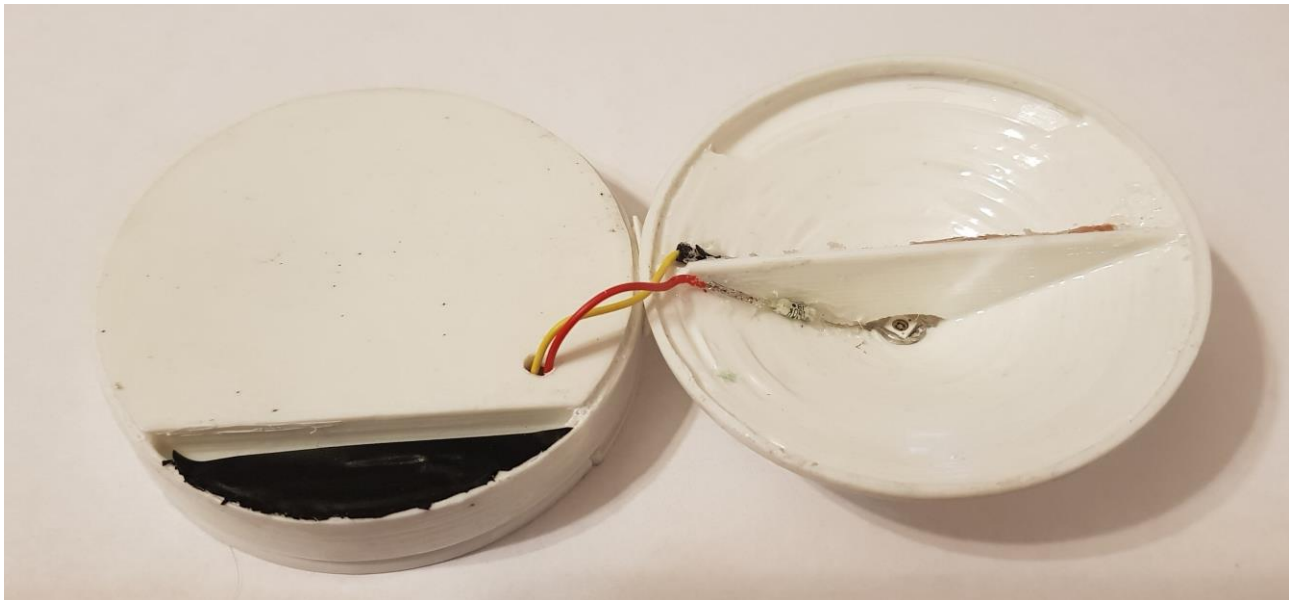


Рис.3.13. Розміщення УФ діоду в корпусі.

В темряві був перевірений діод (рис 3.14).



Рис.3.14. Світіння УФ діода.

За даними дослідження, на одному заряду акумулятора, пристрій пропрацював трохи більше 8 годин. Оскільки окрім живлення діода, ми маємо втрати на підвищувальному перетворювачі та на тумблері. Також реальна ємність акумулятора може бути меншою від заявленою, проте 8 годин роботи діода, це дуже добрий результат, який задовільнить потреби більшості людей.

Собівартість даного пристрою вийшла:

- Ультрафіолетовий діод PB2D-UCLA-TC (265-280 нм) – 85 грн,
- Акумулятор (Li-ion) 400 mAh – 75 грн,
- Контролер заряду акумулятора – 35 грн,
- Регульований підвищувач перетворювач MT3608 – 40 грн,
- Кнопка (вимикач) – 5 грн,
- Друк корпусу та маски – 65 грн.

Сума дорівнює 305 грн, що є значно менше ніж маска компанії «UM Systems». Тому вважаю завдання по розробці ультрафіолетового бактерицидного інактиватора у форматі маски – виконаним.

Висновок

В світовій практиці визнано, що ультрафіолетове (УФ) бактерицидне випромінювання є дієвим профілактичним санітарно-епідеміологічним засобом, що подавляє життєздатність мікроорганізмів у повітряному та водному середовищах.

Ультрафіолетова компонента сонячного світла є головною причиною загибелі мікроорганізмів в оточуючому повітрі. Енергія ультрафіолетової компоненти сонячного світла викликає пошкодження мікроорганізмів на клітинному та генетичному рівнях, той же самий збиток завдається людям, але він обмежений шкірою та очима. Спори і деякі види бактерій навколишнього середовища мають стійкість до впливу сонячного світла і можуть переносити тривале опромінення світлом без особливої шкоди своєму організму. Поява штучних джерел ультрафіолетового випромінювання дала можливість вирішити питання бактерицидного знезараження повітря, поверхонь і т. д., оскільки вони використовують більш концентровані рівні випромінювання, ніж ті, що представлені в звичайному сонячному світлі.

Сьогодні, ультрафіолетове випромінювання широко використовується в різних областях людської діяльності - медицині, фармацевтиці, харчовій, текстильній, поліграфічній промисловості, агропромислового комплексу, водоочисні та дренажних систем і т.д. Ультрафіолетове бактерицидне випромінювання є ефективним санітарним та протиепідемічним засобом, призначеним для пригнічення активності мікроорганізмів у повітрі, воді та поверхні предметів.

Список використаних джерел

1. Мейер А., Зейтц Э. Ультрафиолетовое излучение. М., ИЛ, 1952- 424 с.
2. А.О. Семенов, к.ф.м.н., проф. Г.М. Кожушко, д.т.н., Н.В. Семенова. Використання ультрафіолетового випромінювання для бактерицидного знезараження води, повітря та поверхонь. Науковий вісник НЛТУ України. – 2013. – Вип. 23.2, сс. 179-186.
3. Методи знезараження повітря в приміщеннях. [Електронний ресурс].- 2020. Режим доступу: <https://kmm.com.ua/clauses/metody-obezzarazhivaniya-vozdukha-v-pomescheniyakh/> - Дата доступу: травень 2021.
4. Ультрафіолетове випромінювання: застосування, користь і шкода. [Електронний ресурс].- 2021. Режим доступу: <http://druzy.com.ua/yltrafiolotove-viprominuvannia-zastosyivannia-korist-i-shkoda/> - Дата доступу: травень 2021.
5. Методика виконання вимірювань параметрів ультрафіолетового випромінювання. МВУ 11-038-2007, від 1 квітня 2007р.
6. Рекомендації щодо використання ультрафіолетового опромінення (уф) для дезінфекції. [Електронний ресурс].- 2020. Режим доступу: <https://www.phc.org.ua/news/rekomendacii-schodo-vikoristannya-ultrafiolotovogo-oprominennya-uf-dlya-dezinfekcii/> - Дата доступу: травень 2021.
7. Ультрафіолет. Ефективна дезінфекція та безпека. [Електронний ресурс].- 2020. Режим доступу: <https://habr.com/ru/post/500942/> - Дата доступу: травень 2021.
8. Лазарев Д. Н. Ультрафиолетовая радиация и ее применение, Л. — М., 1950.
9. Противовирусна маска для обличчя. [Електронний ресурс].- 2020. Режим доступу: <https://www.yankodesign.com/2020/07/18/worlds-first-antiviral-face-mask-with-active-uv-c-sterilizing-makes-it-easy-to-breathe-99-clean-air/> - Дата доступу: травень 2021.
10. Особливості захисту шкіри від ультрафіолетового випромінювання [Електронний ресурс].- 2020. Режим доступу: <https://extempore.info/component/content/article/9-journal/1542-osoblyvosti->

zakhystu-shkiry-ditey-vid-ultrafioletovoho-vyprominyuvannya.html?Itemid=357 -

Дата доступу: травень 2021.

11. Даташит УФ діоду PB2D-UCLA-TC. [Електронний ресурс].- 2020.

Режим доступу:

<https://www.tme.eu/Document/4313d272fe2856ebde91872c79872dd3/PB2D->

[UCLA-TC.pdf](https://www.tme.eu/Document/4313d272fe2856ebde91872c79872dd3/PB2D-UCLA-TC.pdf) - Дата доступу: травень 2021.

12. Сучасні методи знезараження повітря в приміщеннях. [Електронний ресурс].- 2020. Режим доступу:

https://www.abok.ru/for_spec/articles.php?nid=4242 - Дата доступу: травень 2021