

**Олександр ЗІНЧЕНКО**

*аспірант, асистент кафедри радіоелектронних та  
біомедичних комп'ютеризованих засобів і технологій  
Національного аерокосмічного університету  
ім. М. Є. Жуковського «Харківський авіаційний інститут», м. Харків, Україна  
e-mail: a.zinchenko@khai.edu,  
ORCID: 0000-0001-5651-8931*

**Володимир ОЛІЙНИК**

*кандидат технічних наук, доцент,  
професор кафедри радіоелектронних та  
біомедичних комп'ютеризованих засобів і технологій  
Національного аерокосмічного університету  
ім. М. Є. Жуковського «Харківський авіаційний інститут», м. Харків, Україна  
e-mail: v.oliynyk@khai.edu,  
ORCID: 0000-0002-7899-1591*

## **ЗАСТОСУВАННЯ МЕТОДУ ГАЗОРОЗРЯДНОЇ ВІЗУАЛІЗАЦІЇ ДЛЯ ДІАГНОСТИКИ ФУНКЦІОНАЛЬНОГО СТАНУ ЛЬОТНОГО ЕКІПАЖУ**

Перспективним методом комплексної оцінки функціонального стану льотної екіпажу є метод газорозрядної візуалізації. Діагностика проводиться за характеристиками випромінювання газового розряду, що виникає довкола пальців в імпульсному електричному полі високої напруженості. Тому метою роботи є аналіз можливості застосування методу та технічних засобів газорозрядної візуалізації в практичній авіаційній медицині. В роботі розглянуті принципові засади реалізації методу. Показано, що фізичною основою медичної діагностики за методом газорозрядної візуалізації є процес виникнення розряду та його випромінювання в оптичному діапазоні. Зазначено, що електричні параметри виникнення розряду і характеристики області свічення визначаються провідниковими і діелектричними структурами організму людини. До інформаційних характеристик функціонального стану людини відносять: форму газорозрядної фігури, загальну площу, інтегральну інтенсивність свічення, спектральний склад. Пропонується для коректного оцінювання свічення розряду фіксувати електричні характеристики його виникнення, та уніфікувати алгоритми діагностики.

**Ключові слова:** діагностика; газ; розряд; електричний; імпульс, свічення, зображення.

## **APPLICATION OF THE GAS DISCHARGE VISUALIZATION METHOD FOR DIAGNOSTIC OF THE FUNCTIONAL STATE OF THE FLIGHT CREW**

A promising method of comprehensive assessment of the functional state of the flight crew is the method of gas discharge visualization. The diagnosis is made based on the characteristics of the radiation of the gas discharge that occurs around the fingers in a pulsed electric field of high intensity. Therefore, the purpose of the work is to analyze the possibility of applying the method and technical means of gas discharge visualization in practical aviation medicine. The paper examines the principles of method implementation. It is shown that the physical basis of medical diagnostics by the method of gas-discharge visualization is the process of the occurrence of a discharge and its radiation in the optical range. It is noted that the electrical parameters of the discharge and the characteristics of the glow area are determined by the conductor and dielectric structures of the human body. The information characteristics of the functional state of a person

include: the shape of the gas-discharge figure, the total area, the integral intensity of the glow, the spectral composition. It is proposed to correctly assess the glow of a discharge to record the electrical characteristics of its occurrence, and to unify diagnostic algorithms.

**Keywords:** diagnostics; gas; discharge; electric; pulse, glow, image.

### **Вступ**

Авіаційна та космічна медицина вивчає умови професійної діяльності членів екіпажів літальних апаратів і фахівців, що забезпечують польоти, з метою розробки медичних рекомендацій, спрямованих на збереження здоров'я і підвищення їх працездатності, а також на забезпечення безпеки польотів. Одним з основних науково-практичних завдань авіаційної та космічної медицини є медичний контроль за екіпажем літальних апаратів перед польотом, в польоті і після польоту. За результатами цього контролю визначається здатність людини до виконання функціонального навантаження. Традиційний контроль потребує огляду лікарями всіх спеціальностей та безліч лабораторних досліджень. Альтернативою таких тривалих у часі та рутинних досліджень можуть стати інтегральні методи діагностики стану організму людини. Такі методи дають комплексну оцінку функціонального стану людини. Це дає змогу прискорити процес проведення медичного огляду льотного екіпажу і локалізувати область відхилення значень медико-біологічних показників, яку можна буде діагностувати вже більш точними спеціалізованими методами дослідження.

Одним з перспективних методів комплексної оцінки функціонального стану льотного екіпажу є метод газорозрядної візуалізації (ГРВ) [1]. Діагностика проводиться за характеристиками випромінювання газового розряду, що виникає довкола пальців або кінцівок досліджуваного в імпульсному електричному полі високої напруженості (ефект Кірліан) [2]. Тому метою роботи є аналіз можливості застосування методу та технічних засобів газорозрядної візуалізації в практичній авіаційній медицині.

### **Принципові засади реалізації методу ГРВ**

Фізичною основою медичної діагностики за методом газорозрядної візуалізації є процес виникнення розряду та його випромінювання в оптичному діапазоні [2].

Узагальнена структура пристроїв ГРВ-діагностики показана на рис. 1, [3]. Газовий розряд виникає на сенсорі, що складається з прозорої діелектричної пластини (зазвичай – скло, на якій розташований об'єкт дослідження) і прозорого провідникового електроду напиленого на зворотну сторону пластини. До прозорого електроду через обмежувальний резистор подається імпульсна напруга від високовольтного виходу генератора. Інший вихід генератора заземляється через резистивний датчик розрядного струму. При достатній напруженості електричного поля в повітряному середовищі між об'єктом і прозорим електродом розвивається газовий розряд. Цей розряд відносять до лавинно-стрімерного і

ковзного, які є різновидами іскрового [2]. Електричні параметри виникнення розряду і характеристики області світіння визначаються властивостями об'єкта. Якщо до сенсора прикладений палець людини, то розрядне коло замикається через струми зміщення (ємнісні струми), а весь організм людини виконує функцію ємнісного електрода. Таким чином усі провідникові і діелектричні структури організму людини впливають на формування розряду. Також в області контакту з сенсором виникає часткова емісія заряджених частинок з поверхні об'єкта, що беруть участь у підтримці розряду.

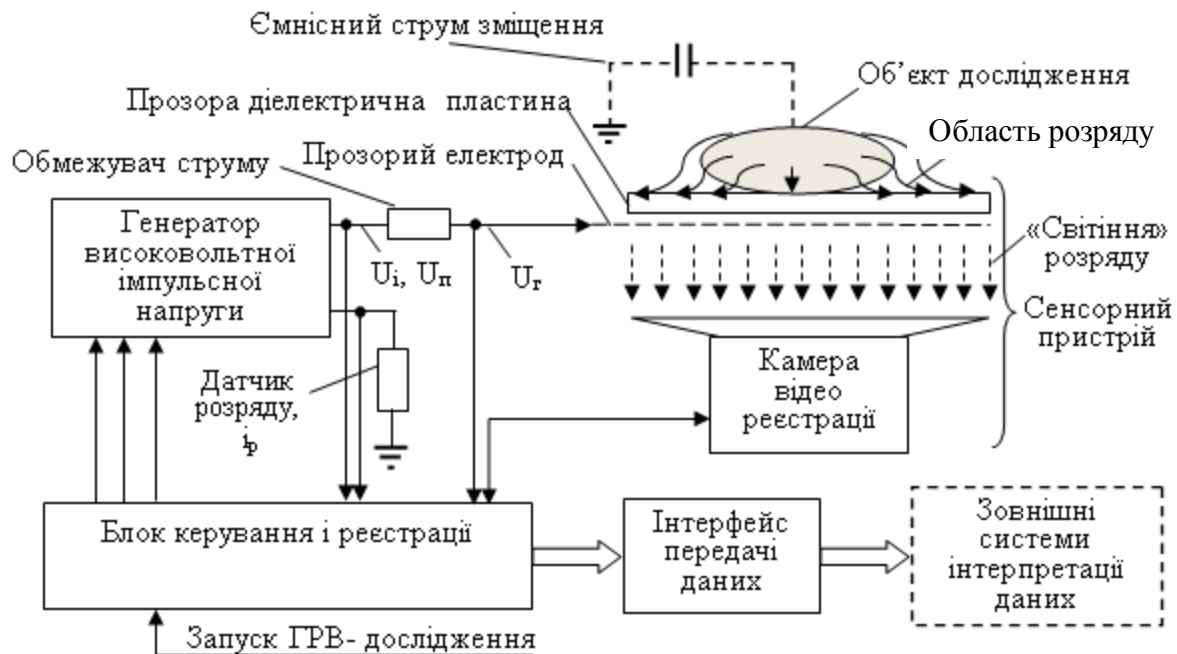


Рисунок 1 – Загальна структурна схема пристрою для ГРВ досліджень [3]

Вимірювальний сенсор у цих пристроях забезпечує відсутність безпосереднього гальванічного зв'язку між об'єктом і джерелом високовольтної напруги [3]. Для такої реалізації сенсорного пристрою інтегральним критерієм виникнення розряду, окрім «світіння», є стрибок величини струму зміщення в ланцюзі високовольтного джерела живлення. Забезпеченню розряду відповідає умова  $U_i > U_n$ , де  $U_i$  – амплітуда напруги імпульсів,  $U_n$  – напруга пробою що забезпечує критичну концентрацію іонів в повітряному середовищі об'єкт - сенсор. Ще один параметр характеризує утворення стійкого розряду на імпульсному струмі (режим «світіння»), це напруга горіння –  $U_r$ . Ця напруга між прозорим електродом сенсора і «землею» майже не змінюється при зростанні  $U_i$  та струму розряду  $i_p$ . Але зростання  $i_p$  збільшує яскравість «світіння», що є важливою умовою реєстрації візуального зображення розряду довкола досліджуваного об'єкта.

Для отримання розряду використовують амплітудні напруги імпульсів  $U_i \sim 3 \dots 20$  кВ, частоти повторення –  $1 \dots 200$  кГц, тривалість імпульсу  $\sim 10$  мкс, тривалість експозиції (час формування кадру зображення) –  $0,1 \dots 32$  с.

У більшості сучасних апаратних реалізацій ГРВ- діагностики випромінювання розряду біля пальців рук конвертується у плоскі зображення, що використовуються як діагностичні показники [3]. Багатопіксельна камера відео реєстрації при достатній яскравості випромінювання формує цифровий масив кадру зображення. Синхронну роботу складових пристрою здійснює блок керування і реєстрації, який через стандартний інтерфейс передає цифровий масив кадру для візуалізації на моніторі і подальшої комп'ютерної обробки.

До інформаційних характеристик ГРВ, що пов'язують з функціональним або фізіологічним станом людини відносять:

- параметри, що характеризують форму газорозрядної фігури: радіус, загальна площа, симетрія, фрактальна розмірність та інші;
- інтегральну інтенсивність світіння розряду;
- спектральний склад випромінювання [1].

На рис. 2 показано послідовність первинної обробки зображень.

У багатьох засобах ГРВ для розрахунку інформації цих показників використовують напівтонове початкове зображення (рис. 2, а). Для отримання градацій яскравості світіння раціонально інвертувати початкове зображення (рис. 2, б). Поліпшує візуальне сприйняття ГРВ- грами кольорове комп'ютерне моделювання у вигляді енергетичної палітри з поділом на сектори (рис. 2, в). Кожному кольору відповідає інтервал яскравості, а сектору – певна складова діяльності організму людини. Оброблена ГРВ- грама дозволяє зробити аналіз ряду параметрів, які відображають стан людини і на їх основі робити певні діагностичні висновки. Найбільш важливими параметрами є інтенсивність, периметр і площа зображення світіння в кожному секторі.

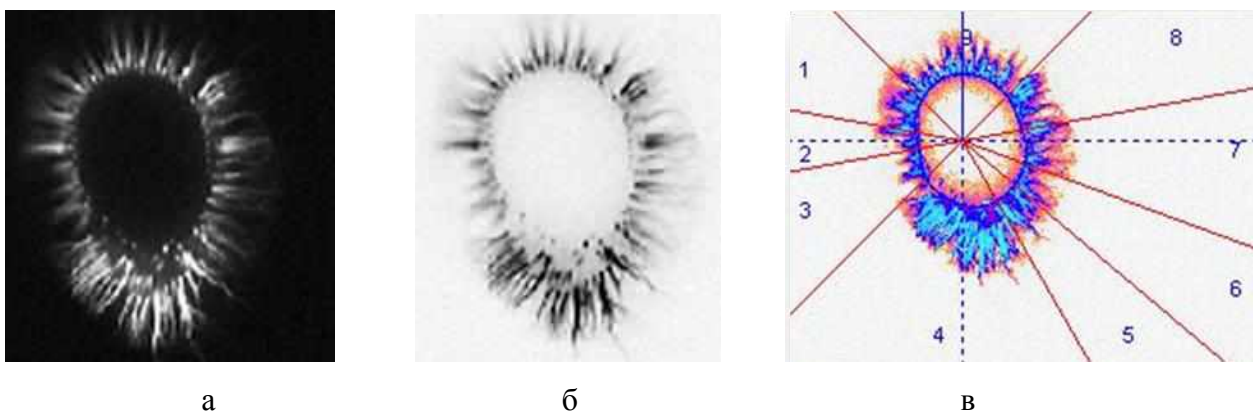


Рисунок 2 – Приклад попереднього оброблення ГРВ- зображень

### **Переваги і недоліки методу ГРВ- діагностики**

На основі відомих публікацій можна виділити наступні переваги застосування методу ГРВ в медичній діагностиці [1]:

- можливість скрінінгу і моніторингу ентропійно-енергетичного гомеостазису всього організму та його окремих систем;
- об'єктивність інформації: незалежність від бажання і досвіду конкретного користувача;
- неінвазивність, безпечність і повна стерильність, зняття інформації тільки з кінцівок пацієнта;
- можливість слідкування за розвитком процесів у часі, співставлення структурних, функціональних та часових процесів в організмі;
- методична простота і зручність: відсутність якихось особливих вимог до приміщення, умов навколишнього середовища;
- використання сучасних методів нелінійної математики для обробки фрактальних зображень і вибору інформації про стан пацієнта;
- наочність та можливість інтерпретації отриманих результатів, зручність їх зберігання та обробки.

Таким чином, метод газорозрядної візуалізації принципово дозволяє скоротити терміни діагностики функціонального стану та наявності можливих захворювань людини.

Однак, треба зауважити, що:

- апаратні засоби реалізації методу ГРВ мають розгалужену номенклатуру з розрізненими технічними характеристиками, що утруднює проводити коректне порівняння результатів діагностики;
- діагностичний результат переважно базується на інтерпретації яскравості плоскої проекції газорозрядного свіпіння довкола об'єкта;
- візуалізація зображень залежить від умов виникнення розряду.
- недостатня кількість порівнянь результатів ГРВ-діагностики з результатами отриманими за допомогою методів визнаних в медичній практиці.

### **Висновки**

1. Аналіз фізичних та технічних положень газорозрядної візуалізації показав, що електричні режими виникнення розряду в ГРВ- засобах мають суттєвий розкид (амплітуда, частота, тривалість, форма змінної напруги).

2. Умови виникнення розряду є чутливими до електрофізичних та емісійних властивостей людини як об'єкту дослідження, але одночасно і до характеристик оточуючого повітря.

3. Відсутні єдині алгоритмами оброблення та відтворення діагностичного зображення.

4. В медико-біологічній галузі є найбільша кількість практичних застосувань ГРВ-засобів різних конструкцій. Для коректного порівняння результатів діагностики отриманих різними дослідниками потрібна стандартизація технічних характеристик ГРВ-засобів та алгоритмів отримання інформативних показників.

5. Для використання сучасних інформаційних технологій перевага повинна надаватись побудові апаратно-програмних комплексів ГРВ-діагностики на основі якісних зразків цифрових відеокамер.

6. Пропонується враховувати: амплітуду імпульсної напруги виникнення розряду, частоту імпульсів, тривалість та шпаруватість імпульсів, полярність, які виступають як додаткові діагностичні параметри процесу газорозрядної візуалізації. Ці додаткові параметри визначають коректність подальшої візуальної діагностики. До переваг реєстрації запропонованих параметрів газорозрядної візуалізації слід віднести їх кількісне вимірювання та можливість об'єктивного порівняння. Зазначені властивості цих параметрів дають додаткову можливість цифрового опису стану досліджуваного об'єкта, а в подальшому автоматизації проведення діагностики.

У підсумку треба зауважити, що застосування методу та засобів газорозрядної візуалізації для оцінки функціонального стану льотного екіпажу в до і після польотний період потребує розробки спеціального обладнання, можливо індивідуального призначення. Запропоновані технічні рішення потребують експериментальної перевірки. Необхідні порівняльні дослідження діагностичних висновків за методом ГРВ з традиційною медичною діагностикою.

#### **Список використаних джерел:**

1. Oliinyk, V., Babakov, M., Lomonosov, Y., Oliinyk, V., Zinchenko, O. (2022). Modernization of gas discharge visualization for application in medical diagnostics. *Technology Audit and Production Reserves*, 4 (1 (66)), 21–29. <http://doi.org/10.15587/2706-5448.2022.263397>
2. Method for Determining the Condition of a Biological Object and Device for Making Same / United States Patent (10) Patent No.: US 8,321,010 B2 // Korotkov et al. Date of Patent: Nov. 27, 2012
3. Зінченко, О. М. Удосконалення технічних засобів газорозрядної візуалізації для дослідження зображень біологічних об'єктів / О. М. Зінченко, В. П. Олійник, С. С. Кочетова // Сучасний стан та перспективи біомедичної інженерії : матеріали Міжнародної науково-практичної конференції, присвяченої 125-річчю ювілею Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського» (13-14.12.2023, м. Київ) : ел. збірник / Упоряд.: О. І. Голембіовська – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2023. – С. 87 – 88.