

## ВІДГУК

офіційного опонента на дисертацію  
**Велигоцького Дмитра Володимировича**  
**«Неінвазивний моніторинг стану людини при інтоксикації  
монооксидом вуглецю»,**

поданої на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.11.17 – біологічні та медичні прилади і системи

### **Актуальність теми дисертаційної роботи**

Створення медичних приладів та систем із класу діагностичних, що ґрунтуються на одночасному виявленні та кількісній оцінці негативних змін в роботі не однієї, а декількох функціональних систем та процесів в організмі людини, є однією з актуальних проблем медичного приладобудування, вирішення яких сприяє підвищенню якості і ефективності екстреної медичної допомоги і охорони здоров'я населення.

Гостре отруєння шкідливими випарами, в тому числі монооксидом вуглецю (СО), відомим блокатором функції гемоглобіну (Hb) – поширене явище, що потребує швидкого діагностування в обмежено короткий термін, та заходів з попередження ризику летальних наслідків кожної людини, що перебуває та дихає в середовищах з інтенсивним виділенням шкідливих випарів, диму з чадним газом та інших чинників.

Насамперед це стосується найбільш розповсюджених і важких форм інтоксикації організму людей, які змушено потрапляють до зони пожеж, їх гасіння, чи у працівників, зайнятих у промислових процесах певних галузей, а також у побуті осіб, які палять тютюнові вироби різного складу.

Приладів, орієнтованих на одночасний моніторинг змін в роботі не однієї, а декількох функціональних систем та процесів в організмі людини, що опинилась в зонах пожеж і дії на її організм чадного газу та потребує комплексного діагностування стану медичним працівником її стану не було виявлено. Переважна більшість відомих засобів вимірювання газів крові базується на інвазивних технологіях з використанням громіздких лабораторних методів, що обмежує мобільність, швидкість обстеження та моніторинг стану потерпілих, насамперед в

критичних ситуаціях під час ліквідації пожеж чи забруднень атмосферного повітря шкідливими випарами.

Для визначення окремих показників роботи системи дихання, транспорту газів кров'ю, серцево-судинної системи, сатурації крові киснем, вуглекислим газом, CO та іншими газами, вже запропоновано, виробляється і застосовується в медичній практиці множина приладів різних виробників.

Таким чином, розширення функціональних можливостей засобів моніторингу стану людини під час інтоксикації монооксидом вуглецю шляхом неінвазивної реєстрації фізіологічних параметрів організму є важливою і актуальною задачею, вирішення якої висвітлено в даній роботі.

### **Структура і зміст роботи**

Дисертаційна робота Велигоцького Д.В. складається з анотації, вступу, чотирьох розділів, висновків, списку використаних джерел із 187 найменувань та 7 додатків. Загальний обсяг дисертації становить 167 сторінки, у тому числі 142 сторінки основного тексту, 42 рисунки та 4 таблиці. Автореферат викладений на 23 сторінках.

У *вступі* до дисертації обґрунтовано актуальність теми дослідження, сформульовано мету та основні задачі роботи, відображено наукову новизну і практичне значення отриманих результатів, визначено особистий внесок здобувача, наведено дані про структуру дисертації, відомості про публікації та апробацію результатів дисертаційних досліджень.

У *першому розділі* проведено інформаційні дослідження наявних новітніх методів та засобів моніторингу для стеження за показниками життєвих функцій людини під час інтоксикації шкідливими випарами. Під час аналізу наявних публікацій, виявлено підтвердження актуальної потреби в неінвазивних засобах стеження за змінами концентрації показників транспорту  $\text{SaO}_2$  та  $\text{HbCO}$  поєднано з моніторингом інших життєвих функцій для виявлення інтоксикації у пацієнта.

*Другий розділ* присвячено опису методів та засобів, які використовувалися під час виконання дисертаційної роботи.

У *третьому розділі* визначено показники, які мають використовуватись для діагностування ступеню інтоксикації пацієнтів: відносна концентрація HbCO та SaO<sub>2</sub>, частота серцевих скорочень, тривалість кардіоциклу, систоли та діастоли, об'єм виштовхнутої крові, тривалість дихального циклу, одного видиху та одного вдиху, частота дихання, об'єм видиху та вдиху, легенева вентиляція та CO у повітрі. На підставі визначених параметрів кровоносної та дихальної систем, розроблено метод та структурно-функціональну схему системи неінвазивного моніторингу стану людини під час інтоксикації CO та обґрунтовано елементну базу для створення експериментального зразка.

Для реалізації розробленого методу моніторингу стану людини під час інтоксикації було створено інформаційно-вимірювальну систему (зразок приладу типу «MP-01»), яка містить модулі визначення сукупності показників системи дихання, роботи серця та гемодинаміки, параметрів транспорту газів (відносної концентрації HbCO та SaO<sub>2</sub> в крові), артеріального тиску та терморегуляції, а також мікроконтролерний модуль їх комплексної оцінки фізіологічних показників організму під час інтоксикації, дозволила в режимі реального часу здійснювати процеси збору даних, їх передачі та прийняття рішення про наявність інтоксикації.

Обґрунтовано принципи аналізу фотоплетизмографічних сигналів, що включають попередню обробку, визначення тривалості кардіоінтервалів за методом першої похідної, їх накопичення та порівняння з еталонними, а також графічне відображення на гістограмі розподілу, які дозволили визначати патологічні стани серця, такі як екстрасистолія, тахікардія та брадикардія.

На підставі удосконаленого фотометричного методу розроблено алгоритми та створене програмне забезпечення «CO-Monitor», яке дозволило шляхом порівняння з результатами роботи комерційного пульсоксиметру оцінити точність визначення SaO<sub>2</sub>, а на основі дослідження двох груп добровольців з відомими значеннями рівня HbCO визначити достовірність його моніторингу. Експериментальні дослідження роботи модулю неінвазивного визначення та моніторингу вмісту HbCO та SaO<sub>2</sub> у рухомій крові шляхом використання джерел генерації та реєстрації спектрів поглинання світла на трьох довжинах хвиль – 568

нм, 660 нм та 940 нм продемонстрували відносну похибку визначення  $SaO_2$  – 0.98% та достовірність визначення HbCO у двох груп добровольців з відомими значеннями HbCO: від 2 до 4,4% для осіб, які не палять тютюнові вироби та від 5,7 до 7,7% для тих хто палить.

**Четвертий розділ** дисертаційної роботи містить узагальнені технічні характеристики створеного зразка багатопараметричного монітору «MP-01». Наводиться його комплектність і операційні можливості для неінвазивного контролю CO у крові людини у поєднанні з синхронною реєстрацією інших показників. Викладено опис процедур користування монітором «MP-01».

У **додатках** наведено: список публікацій здобувача за темою дисертації; акти впровадження результатів досліджень; код програми; результати досліджень функціональних можливостей експериментального зразка розробленої інформаційно-вимірювальної системи.

### **Наукова новизна отриманих результатів**

Під час розв'язання важливого науково-технічного завдання – розширення функціональних можливостей засобів моніторингу стану людини під час інтоксикації монооксидом вуглецю шляхом неінвазивної реєстрації фізіологічних параметрів організму, було отримано наступні нові наукові результати:

1. Розроблено метод неінвазивного моніторингу стану людини під час інтоксикації монооксидом вуглецю шляхом комплексного аналізу фізіологічних показників кровоносної та дихальної систем, що дозволило розширити функціональні можливості біомедичних інформаційно-вимірювальних засобів неінвазивного моніторингу.
2. Удосконалено фотометричний метод неінвазивного визначення вмісту карбокси- та оксигемоглобіну в артеріальній крові шляхом додаткової генерації випромінювання та реєстрації спектрів поглинання світла на довжині хвилі  $\lambda=568$  нм, що забезпечило селективність та дозволило підвищити точність вимірювання оксигемоглобіну та достовірність моніторингу карбоксигемоглобіну.

3. Обґрунтовано принципи аналізу фотоплетизмографічних сигналів шляхом визначення тривалості кардіоінтервалів, що дозволило визначити наявність екстрасистолії, тахікардії та брадикардії у діяльності серця.

### **Практичне значення отриманих результатів**

- Розроблено схемотехнічні рішення та створено зразок приладу неінвазивного моніторингу стану людини під час інтоксикації монооксидом вуглецю типу «MP-01» та її модулів, що забезпечило реалізацію запропонованого методу визначення фізіологічних показників кровоносної та дихальної систем.
- Розроблено вимірювальний модуль (захищений патентом України №68080 на корисну модель) для неінвазивного визначення вмісту карбокси- та оксигемоглобіну в крові шляхом генерації випромінювання та реєстрації спектрів поглинання на довжинах хвиль 568 нм, 660 нм та 940 нм.
- Створені алгоритми та програмне забезпечення «CO-Monitor» (захищене авторським свідоцтвом України №38641), які дозволили шляхом аналізу фотоплетизмографічного сигналу визначити відносний вміст карбокси- та оксигемоглобіну в артеріальній крові.

### **Ступінь обґрунтованості та достовірності наукових положень, висновків і рекомендацій, сформульованих у дисертації**

Викладені в дисертаційній роботі положення та отримані автором теоретичні та практичні результати роботи мають належний ступінь обґрунтованості. Достовірність результатів підтверджується достатнім обсягом виконаних теоретичних та практичних досліджень та експериментів, методично правильною їх постановкою і використанням сучасних математичних методів дослідження.

Зміст автореферату відповідає основним положенням дисертаційної роботи.

## **Повнота викладу основних результатів у наукових виданнях та апробація**

Основні результати дисертаційної роботи відображені в 35 друкованих працях (7 статей, опублікованих у фахових наукових виданнях, серед яких 4 опубліковані у закордонних виданнях, що входять до Web of Science або Scopus, 2 патенти України на корисну модель, 1 свідоцтво на реєстрацію авторського права та 25 тез доповідей на конференціях). Опубліковані матеріали в достатній мірі висвітлюють основні положення дисертаційної роботи.

## **Відповідність дисертаційної роботи спеціальності**

Зміст дисертаційної роботи, структура, послідовність та повнота розв'язаних задач цілком відповідають темі роботи та паспорту спеціальності 05.11.17 – біологічні та медичні прилади і системи.

Матеріал дисертації наданий досить логічно та обгрунтовано. Кожен з розділів має свою специфіку, котра у сукупності свідчить про цілісність та завершеність дисертаційної роботи.

## **Зауваження до роботи**

1. Розділ 2 дисертації викладено на 3 сторінках тексту, що можливо може бути лише окремим параграфом і не більше.

2. Теоретична частина роботи заснована лише загальних посиланнях і пропозиціях.

3. В роботі заявлено, що обгрунтовано принципи аналізу фотоплетизмографічних сигналів, що включають попередню обробку, визначення тривалості кардіоінтервалів за методом першої похідної, їх накопичення та порівняння з еталонними. А насправді в розділі 3 описано розроблення низки апаратно-програмних модулів визначення і моніторингу фізіологічних показників стану.

4. Більшу частину схем електричних принципів доцільно було б перенести в додатки. Наприклад, Рис. 3.13, 3.14, 3.24, 3.28 та інші.

5. На Рис. 3.15 не вказано початкові умови їх отримання, чим пояснюються зміни там відображені.

6. В параграфі 3.2.6. не визначено похибку створеного модуля показників CO в повітрі, а обмежено лише діапазоном і чутливістю, які наведено в таблиці 3.1.

Зазначені зауваження не знижують загальну позитивну оцінку дисертації Велигоцького Д.В. та її науково-практичної значимості.

### **Загальний висновок**

В цілому дисертаційна робота Велигоцького Дмитра Володимировича «Неінвазивний моніторинг стану людини при інтоксикації монооксидом вуглецю» є завершеною науковою працею, в якій розв'язана важлива науково-практична задача. Висновки роботи відповідають її змісту, обґрунтовані та експериментально підтверджені. Робота виконана на високому науковому рівні, матеріали викладені діловою мовою у чіткій логічній послідовності, системно правильно побудовані.

За змістом та формою дисертаційна робота повністю відповідає вимогам п. 9, 11 «Порядку присудження наукових ступенів» затвердженого постановою Кабінету Міністрів України від 24 липня 2013 р. № 567, щодо кандидатських дисертацій, і її автор Велигоцький Дмитро Володимирович заслуговує присудження наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.11.17 – біологічні та медичні прилади і системи.

### **Офіційний опонент**

декан приладобудівного факультету  
Національного технічного університету України  
«Київський політехнічний інститут  
імені Ігоря Сікорського» МОН України,  
доктор технічних наук, професор

 Григорій ТИМЧИК

Підпис Григорія ТИМЧИКА засвідчую

Вчений секретар КПІ ім. Ігоря Сікорського

 Валерія ХОЛЯВКО

