

датчиків для аналізу техніко-економічних показників, та для процесу прогнозування їхнього впливу один на один при прийнятті рішення щодо доцільності модернізації попередніх моделей.

### Висновки

1. Для оцінювання рівня якості УЗ-перетворювача проведено аналіз технічних показників ультразвукових датчиків.
2. Запропоновано використовувати експертну оцінку технічних показників ультразвукових датчиків для аналізу їх рівня якості та використовувати її в подальшому вдосконаленню при проектуванні його нових моделей.

### Література

1. Фатхутдинов Р.М. Стратегический менеджмент / Р.М. Фатхутдинов. – М. : Наука, 1995. – 273 с.
2. Шараров В. М. П'єзоелектричні датчики /В.М. Шараров.–М: Техносфера, 2006. – 632 с.
3. Гнатієнко, Г.М. Експертні технології прийняття рішень: Монографія [Текст] / Г.М. Гнатієнко, В.Є. Снитюк– К.: ТОВ «Маклаут». – 2008. – 444 с.
4. Волошин, О.Ф. Моделі та методи прийняття рішень: навч. посіб. для студ. вищ. навч. закл. [Текст] /О.Ф. Волошин, С.О. Машенко. – К.: Видавничо-поліграфічний центр «Київський університет», 2010. – 336 с.

### References

1. Fatxutdy'nov R.M. Strategy'chesky'j menedzhment / R.M. Fatxutdy'nov. – M. : Nauka, 1995. – 273 s.
2. Sharapov V. M. P'yezoelektry'chni datchy'ky' /V.M. Sharapov.–M: Texnosfera, 2006. – 632 s.
3. Gnatiyenko, G.M. Ekspertni tehnologiyi pry'jnyattya rishen': Monografiya [Tekst] / G.M. Gnatiyenko, V.Ye. Sny'tyuk– K.: TOV «Maklaut». – 2008. – 444 s.
4. Voloshy'n, O.F. Modeli ta metody' pry'jnyattya rishen': navch. posib. dlya stud. vy'shh. navch. zakl. [Tekst] /O.F. Voloshy'n, S.O. Mashhenko. – K.: Vy'davny'cho-poligrafichny'j centr «Ky'yivs'ky'j university'tet», 2010. – 336 s.

Рецензія/Peer review : 10.1.2015 р.

Надрукована/Printed :24.1.2015 р.

Стаття рецензована редакційною колегією

**УДК 681.518.3: 535.243.2**

**В.Г. ПЕТРУК, С.М. КВАТЕРНІЮК, О.Є. КВАТЕРНІЮК, О.І. КРОТ**

Вінницький національний технічний університет

**О.І. МОКАНІЮК**

Вінницький національний медичний університет ім. М.І.Пирогова

## АНАЛІЗ СУЧАСНОГО СТАНУ ОПТИЧНИХ ЗАСОБІВ ВИМІРЮВАЛЬНОГО КОНТРОЛЮ ТА ДІАГНОСТУВАННЯ ПАРАМЕТРІВ БІОТКАНИН НА ОСНОВІ ЦИФРОВОЇ КОЛОРИМЕТРІЇ

*Здійснено аналіз сучасних оптичних засобів вимірювального контролю та діагностування параметрів біотканин на основі цифрової колориметрії. Проаналізовано структурні схеми колориметричних засобів вимірювального контролю та діагностування біотканин та основні параметри сучасних колориметричних засобів промислового виробництва.*

*Ключові слова: цифрова колориметрія, біотканини, судово-медична експертиза*

V.G. PETRUK, S.M. KVATERNIUK, O.E. KVATERNIUK, O.I. KROT

Vinnitsia National Technical University

**O.I. MOKANYUK**

National Pirogov Memorial Medical University, Vinnitsya

## ANALYSIS OF MODERN OPTICAL MEANS OF MEASUREMENT CONTROL AND DIAGNOSTIC OF PARAMETERS BIOLOGICAL TISSUES BASED ON DIGITAL COLORIMETRY

*Abstract. We have analyzed the modern optical measuring means of monitoring and diagnosing the parameters of biological tissues based on digital colorimetry. We have analyzed the structural scheme of measuring colorimetric monitoring and diagnostics of biological tissues and the main parameters of modern colorimetric means that the manufacturing industry.*

*Key words: digital colorimetry, biological tissue, forensic examination*

### Вступ

Для засобів вимірювального контролю та діагностування поверхневих пошкоджень біотканин важливими є можливість оперативного визначення та документальної фіксації ступеня ушкодження, а також аналіз його особливих ознак. На основі результатів опрацювання оптичних характеристик біотканин та геометричних параметрів ушкодженої ділянки можливо визначити ступінь ушкодження біотканини та інші параметри, що необхідні для конкретної прикладної задачі.

Метою дослідження є аналіз сучасних засобів вимірювального контролю та діагностики поверхневих ушкоджень біотканин, що буде використано в подальшому для розроблення автоматизованого засобу вимірювального контролю та діагностики біотканин шкіри людини на основі методу колориметрії і вимірювання координат кольору.

#### Аналіз структурних схем колориметричних засобів вимірювального контролю та діагностування біотканин

Для того, щоб застосувати оптичні методи вимірювального контролю та діагностування стану біотканин необхідно створити такі засоби, які б забезпечували вимірювання оптичних параметрів патологічно змінених біотканин у незмінних умовах проведення експерименту, що забезпечить повторюваність результатів досліджень.

Оптична схема традиційного триколірного візуального колориметра ФМ-18а [1] показана на рис. 1. За оптичною схемою приладу видно, що світло від джерела випромінювання 1, встановленого у дифузний освітлювач 2, внутрішня поверхня якого покрита оксидом магнію, по виході з отвору освітлює конденсорну лінзу 8 і проєктується нею на білий екран 18. Перед лінзою розміщено диск 6 з трьома світлофільтрами червоного, зеленого і синього кольорів секторальної форми, які можливо відкривати і закривати рухомими навколо центру осі диска секторальної форми заслінками. Таким чином, на екрані 18 відбувається накладання трьох потоків випромінювання і результуючий колір суміші визначається відповідним відкриттям площ світлофільтрів. Об'єкт, колір якого підлягає вимірюванню, освітлюється під кутом  $45^\circ$  лампою 17 через світлофільтри 15 та 16, які формують спектральну характеристику випромінювання відповідно до вимог МКО до джерела певного типу. Світло, відбите зразком по нормалі, направляється в колориметр і, пройшовши через прозору грань кубика Люм'єра 12, фокусується лінзою окуляра 13 у вихідну щілину 14. Світло, що виходить від екрану 18, відбившись від дзеркально полірованої грані кубика Люм'єра 12, зводиться також у вихідну щілину 14. Для регулювання інтенсивності кольору в колориметрі є оптична система, що складається з трьох плоскопаралельних скляних пластин 5, 3, 11.

Оскільки у основі вимірювання кольору прозорих і відбиваючих зразків лежить поняття простору кольорів, то найсвітлішим завжди є зразок білої поверхні, а координати кольору всіх інших зразків повинні бути віднесені до координат білого зразка при заданому джерелі освітлення. Недоліком приладу є мала точність вимірювань координат кольору за рахунок наявності суб'єктивної складової похибки. Однак, у порівнянні з використанням традиційної лінійки кольорів даний візуальний колориметр забезпечує рекомендовані МКО джерело випромінювання та геометрію освітлювач-спостерігач.

У розрахунковому методі визначення координат кольору потрібно спочатку визначити спектр пропускання (або відбивання) досліджуваного об'єкта. Для цієї мети можна використати будь-який спектрофотометр чи монохроматор для видимої області спектра. У роботі [2] параметри кольору біотканини шкіри вимірювались в умовах *in vivo* розрахунковим методом на основі спектральних характеристик, що дозволило досліджувати динаміки зміни характеристик шкіри в процесі зовнішніх впливів в реальному масштабі часу (рис. 2.). Конструктивно прилад виконаний у вигляді спектрального блоку, що включає в себе поєднаний з вхідною щілиною волоконно-оптичний світловод, універсальний модульний мініполіхроматор на основі відбиваючої дифракційної ґратки, малогабаритний приймач випромінювання, блок управління і обробки даних. При вимірюванні спектрів дифузного відбивання шкіри у якості джерела випромінювання білого світла використовуються галогенова лампа (ОВС-1, 200 Вт) і ксенонова дугова лампа (МТ-225, 250 Вт). Джерело збудження флуоресценції (лазер ЛГІ-505) використовувався при дослідженні флуоресценції біотканин. Реєстрація спектрів відбивання та спектрів автофлуоресценції шкіри в умовах *in vivo* забезпечувалося за допомогою розроблених волоконно-оптичних давачів, які забезпечували підведення збуджуючого випромінювання до досліджуваного об'єкта і приймання відбитого біотканиною випромінювання [2, 3].

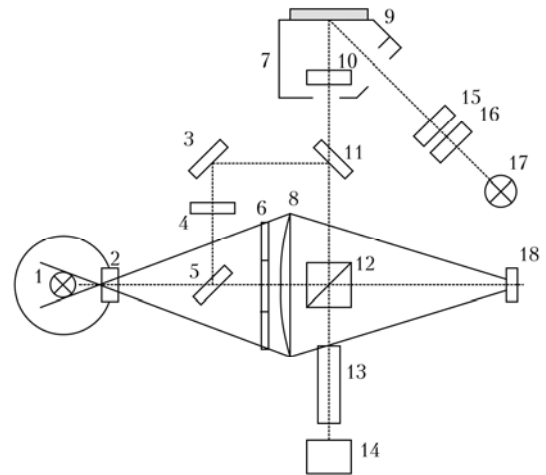


Рис. 1. Оптична схема триколірного візуального колориметра

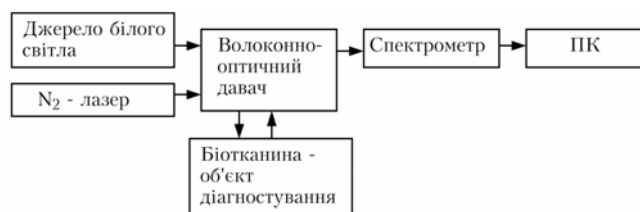


Рис. 2. Схема засобу вимірювання параметрів кольору біотканини шкіри в умовах *in vivo* розрахунковим методом на основі спектральних характеристик дифузного відбивання

Спектрофотометричний (розрахунковий) метод використовується, в основному, для створення прецизійних приладів вимірювання координат кольору, що мають досить значну вартість і габарити. Такі прилади працюють у умовах стаціонарних лабораторій та можуть використовуватись у якості зразкових засобів вимірювання координат кольору при повірці робочих портативних засобів. Крім того, недоліком приладу є те що вимірюються усереднені координати кольору для певної ділянки, а тому не має можливості визначити розподіл пігментів чи функціональні зміни по поверхні пошкодженої біотканини.

Для задач медичної діагностики у деяких випадках більш важливо отримати характеристики кольору відбитого шкірою світла у певних спектральних інтервалах, що відповідають областям поглинання досліджуваних хромофорів шкіри. Такі прилади дозволяють отримати інформацію про вміст у біотканині шкіри тих чи інших хромофорів у вигляді індексів пігментації (рис. 3.). Конструктивно прилад виконаний у вигляді трьох блоків: оптичної головки, блоку керування і обробки даних, блоку живлення. В оптичній головці приладу розміщені світловипромінюючі діоди трьох спектральних діапазонів (560, 650 і 710 нм), що забезпечують освітлення шкірної тканини у потрібних спектральних діапазонах і фотодіод для реєстрації відбитого випромінювання.

Перевагою приладу є мала вартість та простота реалізації. Основним недоліком є відхилення спектральних характеристик каналів від визначених МКО для певних систем кольорів, а також є складність отримання певного фіксованого рівня сигналу к кожному з каналів. Вирішення цієї проблеми у роботі досягається шляхом використання дихроїчних дзеркал для поєднання потоків випромінювання від світлодіодів на одній оптичній осі і, відповідної побудови оптичної системи. У нових розробках інтегровальних оптичних давачів колориметрів побудованих за схемою з формуванням кольороподільних сигналів у джерелі випромінювання світлодіодами використовують волоконну оптику [5, 6], що дозволяє отримати необхідну геометрію вимірювань та задані рівні сигналів у кожному з каналів.

Метод об'єктивного вимірювання координат кольору реалізовано у цифровому колориметрі [7], який призначено для вимірювання, швидкої обробки отриманих результатів та реєстрації координат кольору. У якості джерела світла використовується лампа КГМ 6,3-15, що працює в режимі джерела А. Джерело С реалізується за допомогою скляних світлофільтрів. Приймач випромінювання – фотопомножувач ФЭУ-4, спектральна чутливість якого виправлена під криві додавання кольорів XYZ за допомогою скляних світлофільтрів. Основна абсолютна похибка приладу при вимірюванні відношення координат кольору не більше 0,01; випадкова похибка при вимірюванні відношення координат кольору  $\pm 0,002$ ; час вимірювання – не більше 2 хв.

У роботі [8] запропоновано триканальний вимірювач координат кольору, що містить джерело випромінювання білого світла на основі галогенової лампи, а необхідні спектральні характеристики кривих складання в координатній системі кольорів колориметра сформовані у трьох окремих каналах фотоприймачів за допомогою відповідних світлофільтрів. Випромінювання від галогенової лампи проходить через оптичну систему і потрапляє на об'єкт діагностування (біотканину). Особливість цього приладу – суміщення зонduючого і прийнятого світлових потоків за допомогою напівпрозорого дзеркала. Відбитий потік проходить світла через приймальну оптичну систему і потрапляє на фотоприймач (фотодіод), який перетворює світловий потік у електричний сигнал. Відбите випромінювання розділяється за допомогою трьох світлофільтрів, спектральні характеристики яких у поєднанні з характеристиками джерела випромінювання і світлодіодів повинні бути наближеними до стандартних кривих рекомендованих МКО. Далі сигнал підсилюється підсилювачем, та перетворюється у цифрову форму багатоканальним аналого-цифровим перетворювачем. Після попередньої обробки інформації у мікроконтролері виміряні координати кольору передаються у персональний комп'ютер (ПК), який розраховує різницю між координатами кольору об'єкта та еталону кольору і, відповідно до встановленого допуску, приймає рішення про ідентичність кольору чи його відмінність.

Визначення параметрів кольору біотканини можна здійснювати за допомогою цифрової фотокамери при забезпеченні заданих умов освітлення джерелом відповідного типу та геометрії освітлювач-спостерігач

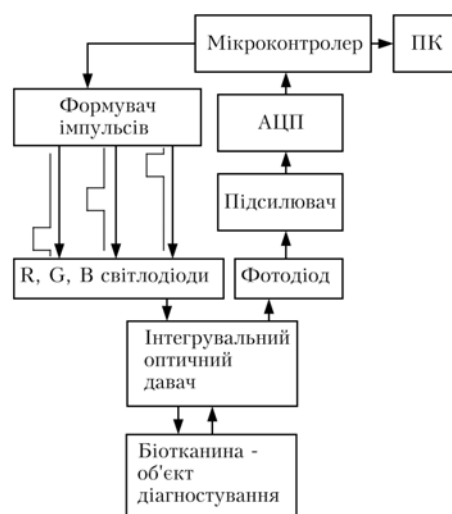


Рис. 3. Колориметр з триканальним освітлювачем для вимірювання змін кольору біотканини шкіри in vivo та визначення індексів еритеми і меланінової пігментації



Рис. 4. Колориметр з трьома каналами фотоприймачів та одним джерелом випромінювання

рекомендовані МКО. У роботі [9] для розрахунку координат кольору і побудови градієнтних графіків отримували цифрові зображення досліджуваних об'єктів фотоапаратом Olympus SP-500 UZ у спеціальному боксі, що дозволяє стандартизувати умови освітлення. Вимірювання координат кольору об'єктів здійснювалось у умовах *in vitro*. Кювету (К), із досліджуваним зразком, встановлювали в бокс (Б) і реєстрували зображення. Для зменшення паразитних засвічувань внутрішня поверхня боксу була покрита чорною матовою фарбою. Задня стінка білого кольору служила дифузним екраном (ДЕ). Для освітлення у якості джерел випромінювання (ДВ) використовували дві галогенові лампи загальною потужністю 80 Вт.

#### Аналіз параметрів сучасних колориметричних засобів вимірювального контролю та діагностування біотканин

Сучасні промислові колориметричні засоби вимірювального контролю та діагностування стану біотканини відрізняються кількістю і складом вимірюваних параметрів. Порівняльну таблицю колориметричних засобів нормальних та патологічних біотканин наведено на табл. 1.

Прилад ЛЭСА-01 (виробництва Біоспек, Росія) [10] призначено для кількісного визначення концентрації фотосенсибілізатора в біологічних тканинах та використовується для роботи у режимі *in vivo*. Діагностування здійснюється на основі аналізу спектру власної флуоресценції біотканини. Пристрій складається з лазерного джерела (довжина хвилі 632,8 або 532 нм, потужність 8 або 12 мВт) для збудження фотосенсибілізатора і мініатюрного універсального спектрометра для реєстрації і аналізу флуоресцентного сигналу у діапазоні хвиль 300–800 нм. Прилад використовує Y-подібний DC-R-1-6 волоконно-оптичний зонд, який забезпечує необхідну геометрію вимірювань. Метод роботи приладу – розрахунковий, спектрофотометричний. Недолік приладу – вимірюється усереднене значення концентрації для певної ділянки біотканини шкіри, яка потрапляє у волоконно-оптичний зонд.

Спектроколориметр «ТКА-ВД» / 01 (виробництва НТП «ТКА», Росія) [11] призначено для вимірювання координат кольоровості. Границі допустимого значення відносно похибки вимірювання координат кольоровості у системі координат XYZ при використанні складають 0,5%. Прилад також використовує спектрофотометричний (розрахунковий) метод роботи. Спектр коефіцієнту дифузного відбивання вимірюється у діапазоні 390-750 нм, автоматично перераховується у координати кольоровості, які передається на індикатор приладу та у персональний комп'ютер. Прилад VITA Easyshade (виробництва Vident, США) [12] призначено для вимірювання кольору біотканини зубів та їх класифікації відповідно до набору з 16 кольорів існуючої лінійки кольорів зубів VITAPAN. Вихідний вимірюваний параметр – координати кольору в системі LAB та відповідний йому зразок кольору лінійки кольорів VITAPAN. Прилад використовує спектрофотометричний (розрахунковий) метод роботи та волоконно-оптичний первинний вимірювальний перетворювач. Загальним недоліком приладів, які використовуються спектрофотометричний (розрахунковий) метод вимірювання координат кольору є досить велика вартість за рахунок використання монохроматора чи поліхроматора. Крім того такі прилади здійснюють вимірювання усереднених значень з певної ділянки, що не дозволяє аналізувати патологічні зміни по поверхні пошкодженої біотканини.

Таблиця 1

#### Порівняльні характеристики засобів вимірювального контролю та діагностики нормальних та патологічних біотканин

| Параметри                       | ЛЭСА-01            | «ТКА-ВД» / 01      | VITA Easyshade     | ЭММ-01                | SHADEPILOT  |
|---------------------------------|--------------------|--------------------|--------------------|-----------------------|-------------|
| Діапазон, нм                    | 300–800            | 390-750            | 390-750            | 565, 645, 700         | 410-680     |
| Вимірювальний зонд              | Волоконно-оптичний | Волоконно-оптичний | Волоконно-оптичний | Інтегровувальна сфера | –           |
| Фотоприймач                     | фотодіод           | фотодіод           | фотодіод           | фотодіод              | ПЗЗ-камера  |
| Джерело випромінювання          | галогенова лампа   | світлодіоди        | світлодіоди        | світлодіоди           | світлодіоди |
| Геометрія                       | 45°/0°             | 45°/0°             | 45°/0°             | Д/0°                  | 45°/0°      |
| Відносна похибка вимірювання, % | 0,5                | 0,5                | 0,5                | 5                     | 1           |

Прилад еритема-меланінометр ЭММ-01 (виробництва Росія) [13] призначено для визначення індексів еритеми і меланінової пігментації біотканин шкіри людини для роботи у режимі *in vivo*. Вимірювання індексів еритеми і меланінової пігментації необхідне для визначення реакції шкіри на УФ випромінювання; діагностики запальних процесів; визначення стану біотканин шкіри під дією зовнішніх впливів; моніторингу стану людського організму при порушенні кровообігу і т.д. В основі принципу дії приладу лежить об'єктивний метод діагностики на базі порівняння коефіцієнтів дифузного відбивання вимірюваних на певних довжинах хвиль (565 нм, 645 нм, 700 нм). Похибка вимірювання індексів складає до 5%. Недоліком приладу є суттєвий вплив на точність вимірювань відхилення спектральних характеристик каналів, які визначаються світлодіодами джерела випромінювання.

Прилад SHADEPILOT (виробництва DeguDent, Німеччина) [14] призначено для вимірювання параметрів кольору біотканини зубів. Прилад використовує об'єктивний метод вимірювання параметрів кольору. Освітлення здійснюється за допомогою світлодіодів різних спектральних діапазонів. У якості

фотоприймача використовується чорно-біла ПЗЗ камера розмірністю 640x480 пікселів. Вихідний вимірюваний параметр – координати кольору в системі LCH та їх класифікація відповідно до лінійки кольорів. Пристрій дозволяє розділити зображення патологічної біотканини на ділянки, колір якої найбільш близький до певного кольору лінійки. Перевагою приладу є можливість виділення ділянки біотканини, що має патологічні зміни за допомогою відмінностей параметрів кольору. Недоліком приладу є те, що він має обмежені функціональні можливості та специфічне застосування для задач стоматології і не може бути використаний у іншій сфері, зокрема, у судовій медицині для дослідження параметрів синців та залежності їх параметрів кольору від біофізичних характеристик.

### Висновки

Отже, в результаті здійсненого аналізу сучасних засобів діагностування нормальних та патологічних біотканин виявляється необхідність в подальшому розвитку оптичних колориметричних методів та розробці на їх основі автоматизованих засобів діагностики біотканин шкіри людини для задач судової медицини, що дозволить підвищити швидкість та точність діагностики параметрів поверхневих пошкоджень біотканин шкіри людини, що є неодмінною умовою забезпечення зростаючих вимог до об'єктивності і точності діагностики.

### Література

1. Юстова Е.Н. Цветовые измерения (Колориметрия) / Е.Н. Юстова. – СПб.: Издательство С.-Петербургского университета, 2000. – 397 с.
2. Утц С.Р. Портативный эритемо-меланинометр для дерматологии и косметологии / С.Р. Утц, Ю.П. Синичкин // Вестник дерматологии и венерологии. – 1997. – №5. – С.48-54.
3. Синичкин Ю.П. Спектроскопия кожи человека in vivo: 1. Спектры отражения / Ю.П.Синичкин, С.Р. Утц, Е.А. Пилипенко // Оптика и спектроскопия. – 1996. – Т. 80. – С. 260–267.
4. Утц С.Р., Синичкин Ю.П., Долотов Л.Е. Измеритель физико-биологических характеристик кожи. Свидетельство на Полезную модель № 4900 от 16.09.97. RU 4900, U1, A 61 B 1/00, 1997.09.16.
5. Lawrence J.Ruczek, Michael G.Taranowski, Eugene F.Duncan. Photoelectric color sensor. US Patent. Patent number; 5150174. Sep. 22,1992.
6. Colour Sensor LC CLARYS. Operating Instructions. – Dinel. – 2012. – 5 p.
7. Курицын А. М. Универсальный переносной колориметр НР1КФИ типа ПКГ / А.М. Курицын, Е. М. Шляхтер – М.: Типография НР1КФИ, 1981. – 144 с.
8. Color Recognition Fiberoptic Sensor PI-C Series. Operating Instructions. – KEYENCE. – 2004. – 10 p.
9. Байдичева О.В. Количественное определение цветности питьевой воды с применением цифровых технологий / О. В. Байдичева, В.В. Хрипушин, О.В. Рудаков // Мат. II Междунар. Форума «Аналитика и Аналитики»: рефераты докл. – Воронеж, 2008. – Т.1. – С. 350.
10. ЛЭСА-01-БИОСПЕК. Установка лазерная электронно-спектральная для флуоресцентной диагностики опухолей и контроля фотодинамической терапии рака. Инструкция. – СПб.: ЗАО «БИОСПЕК». – 2012. – 15 с.
11. Спектроколориметр "ТКА-ВД" Руководство по эксплуатации. – СПб.: НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ПРЕДПРИЯТИЕ «ТКА». – 2010. – 26 с.
12. VITA Easyshade. Operating Instructions. – Vident. – 2010. – 36 p.
13. Прибор для определения и индикации степени выраженности эритемы и меланиновой пигментации кожи человека эритема-меланинометр «ЭММ» // Третий Саратовский салон изобретений, инноваций и инвестиций. – Саратов: Уздательство Сарат. университета, 2007. – Ч.1. – С.36-37.
14. SHADEPILOT. Operating Instructions. – DeguDent. – 2012. – 56 p.

### References

1. Yustova E.N. Tsvetovyye izmereniya (Kolorimetriya) / E.N. Yustova. – SPb.: Izdatelstvo S.-Peterburgskogo universiteta, 2000. – 397 p.
2. Utts S.R. Portativnyy eritemo-melaninometr dlya dermatologii i kosmetologii / S.R. Utts, Yu.P. Sinichkin // Vestnik dermatologii i venerologii. – 1997. – №5. – P.48-54.
3. Sinichkin Yu.P. Spektroskopiya kozhi cheloveka in vivo: 1. Spektry otrazheniya / Yu.P.Sinichkin, S.P. Utts, E.A. Pilipenko // Optika i spektroskopiya. – 1996. – Т. 80. – P. 260–267.
4. Utts S.R., Sinichkin Yu.P., Dolotov L.E. Izmeritel fiziko-biologicheskikh harakteristik kozhi. Svidetelstvo na Poleznuyu model № 4900 от 16.09.97. RU 4900, U1, A 61 B 1/00, 1997.09.16.
5. Lawrence J.Ruczek, Michael G.Taranowski, Eugene F.Duncan. Photoelectric color sensor. US Patent. Patent number; 5150174. Sep. 22,1992.
6. Colour Sensor LC CLARYS. Operating Instructions. – Dinel. – 2012. – 5 p.
7. Kuritsyn A. M. Universalnyy perenosnyy kolorimetr NR1KFI tipa PKG / A.M. Kuritsyn, E. M. Shlyahter – M.: Tipografiya NR1KFI, 1981. – 144 p.
8. Color Recognition Fiberoptic Sensor PI-C Series. Operating Instructions. – KEYENCE. – 2004. – 10 p.
9. Baydicheva O.V. Kolichestvennoe opredelenie tsvetnosti pitevoy vody s primeneniem tsifro-vyih tehnologiy / O. V. Baydicheva, V.V. Hripushin, O.V. Rudakov // Mat. II Mezhdunar. Foruma «Analitika i Analitiki»: referaty dokl. – Voronezh, 2008. – Vol.1. – P. 350.
10. LESA-01-BIOSPEK. Ustanovka lazernaya elektronno-spektralnaya dlya fluorestantsnoy diag-nostiki opuholey i kontrolya fotodinamicheskoy terapii raka. Instruksiya. – SPb.: ZAO «BIOSPEK». – 2012. – 15 p.

11. Spektrokolorimetr "TKA-VD" Rukovodstvo po ekspluatatsii. – Spb.: NAUChNO-TEHNICHESKOE PREDPRIYATIE «TKA». – 2010. – 26 p.
12. VITA Easyshade. Operating Instructions. – Vident. – 2010. – 36 p.
13. Pribor dlya opredeleniya i indikatsii stepeni vyrazhennosti eritemyi i melaninoy pigmenta-tsii kozhi cheloveka eritema-melaninometr «EMM» // Tretiy Saratovskiy salon izobreteniy, innovatsiy i investitsiy. – Saratov: Uzdatelstvo Sarat. universiteta, 2007. – Part. I. – P.36-37.
14. SHADEPILOT. Operating Instructions. – DeguDent. – 2012. – 56 p.

Рецензія/Peer review : 14.1.2015 p.

Надрукована/Printed :24.1.2015 p.

Стаття рецензована редакційною колегією

**УДК 681.518.3: 535.243.2**

**В.Г. ПЕТРУК, С.М. КВАТЕРНІЮК, О.Є. КВАТЕРНІЮК, В.В. ГОНЧАРУК**

Вінницький національний технічний університет

**О.І. МОКАНІЮК**

Вінницький національний медичний університет ім. М.І.Пирогова

## **МЕТОД ТА ЗАСІБ ЦИФРОВОЇ КОЛОРИМЕТРІЇ ПОВЕРХНЕВИХ ПОШКОДЖЕНЬ БІОТКАНИН ДЛЯ ПРИКЛАДНИХ ЗАДАЧ СУДОВО-МЕДИЧНОЇ ДІАГНОСТИКИ**

*У роботі вдосконалено метод та розроблено засіб цифрової колориметрії поверхневих пошкоджень біотканин шкіри людини. Метод полягає у вимірюванні координат кольору uszkodженої ділянки біотканини шкіри у системі координат кольору XYZ, за умов дифузного освітлення стандартним джерелом освітлення. Засіб дозволяє визначити час ушкодження, а також виміряти розміри uszkodженої ділянки для прикладних задач судово-медичної діагностики.*

*Ключові слова:* цифрова колориметрія, біотканини, судово-медична експертиза

V.G. PETRUK, S.M. KVATERNIUK, O.E. KVATERNIUK, V.V. GONCHARUK

Vinnitsia National Technical University

**O.I. MOKANYUK**

National Pirogov Memorial Medical University, Vinnitsya

## **METHOD AND MEANS OF DIGITAL COLORIMETRY OF SURFACE DAMAGE BIOLOGICAL TISSUES FOR APPLIED PROBLEMS OF FORENSIC DIAGNOSTICS**

*Abstract. The paper improved method of digital colorimetry and developed a means of diagnosing superficial damage biological tissues of human skin. The method is to measure the color coordinates of the damaged part of biological tissue in skin color coordinate system XYZ in diffuse light standard light source. Means allows to define the time after injuries and measure the size of the damaged area to applied problems of forensic diagnostics.*

*Key words:* digital colorimetry, biological tissue, forensic examination

### **Вступ**

Аналіз зміни координат кольору біотканин шкіри у системі координат кольору XYZ дозволяють отримати більше діагностичної інформації про стан приповерхневої структури біотканини шкіри у порівнянні з традиційними методами. Порівняння розподілу координат кольору в межах uszkodженої ділянки біотканини шкіри з урахуванням параметрів кольору неушкодженої (інтактної) довкола дозволяє більш точно діагностувати її біофізичні параметри відповідно прикладних задач судово-медичної експертизи.

Метою дослідження є підвищення швидкодії та точності діагностики параметрів поверхневих пошкоджень біотканин шкіри людини на основі вдосконалення методу колориметрії і вимірювання координат кольору та розроблення автоматизованого засобу діагностики.

Для досягнення вказаної мети необхідно вдосконалити метод колориметрії і вимірювання координат кольору нормальних і uszkodжених ділянок біотканин шкіри людини; розробити автоматизований засіб діагностики біотканин шкіри людини для задач судової медицини на основі методу колориметрії і вимірювання координат кольору, а також дослідити його метрологічні характеристики.

### **Метод цифрової колориметрії поверхневих пошкоджень біотканин**

Для підвищення точності діагностики пропонується вдосконалити метод цифрової колориметрії поверхневих пошкоджень біотканин для прикладних задач судово-медичної діагностики. Суть методу полягає у наступному. Здійснюється вимірювання просторового розподілу координат кольору uszkodженої ділянки біотканини шкіри у системі координат кольору XYZ та LAB, за умов дифузного освітлення стандартним джерелом освітлення ( $D_{65}$ , А чи  $F_{11}$ ), використанні однотипної CCD-камери, незмінної геометрії вимірювання, фіксованої відстані до об'єкта діагностики, кутової апертури для спостерігача  $10^\circ$ . Причому при вимірюванні координат кольору в системі XYZ здійснюється автокалібрування відносно сульфатбарієвого робочого еталону, а при перерахунку в координати кольору в системі LAB координати кольору ідеального розсіювача, що визначають центр системи координат замінено на координати кольору для нормальної інтактної біотканини шкіри довкола ураженої ділянки. Координати кольору в кожній точці