

**УДК 534.16:611.314**

**<sup>1</sup>Я.П. Драган докт. фіз.-мат. наук, проф., <sup>2</sup>В. В. Никитюк**

<sup>1</sup>Національний університет “Львівська політехніка”, Україна.

<sup>2</sup>Тернопільський національний технічний університет, Україна.

**МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ ЕЛЕКТРИЧНОГО ЗОНД-СИГНАЛУ ДЛЯ  
ВИЗНАЧЕННЯ СТАНУ РЕСТАВРАЦІЙНОГО СТОМАТОЛОГІЧНОГО  
ПРОЦЕСУ ЯК ЕНЕРГОАКТИВНОГО ОБ’ЄКТА**

**Y. P. Dragan Dr. Prof., V. V. Nykytyuk**

**MATHEMATICAL MODEL OF ELECTRIC ZOND-SIGNAL FOR  
DETERMINATION OF THE STATE OF THE RESISTANT DENTAL PROCESS AS  
A ENERGY ACTIVE OBJECT**

Поряд із діагностичною, терапевтичною, реконструктивною особливо поширеною сьогодні є реставраційна стоматологія, що полягає зокрема у відновленні твердих тканин зуба фото полімерними матеріалами (надалі стоматологічний матеріал). Основною причиною цього є карієс, поширеність якого у населення в різних регіонах України досягає 98 %. Для усунення каріозних дефектів зубів сьогодні широко використовуються стоматологічні матеріали, полімеризація яких здійснюється під дією опромінювання з довжиною хвилі 380-500 нм. Домінуючою експлуатаційною характеристикою таких матеріалів є міцність та полімеризація, оскільки саме від цих показників залежить експлуатаційна надійність, довговічність матеріалу тощо [1,2].

Для отримання якісного кінцевого продукту (пломби) важливим є забезпечення оптимального часу експозиції опромінювання стоматологічного матеріалу, оскільки зменшення цього часу призводить до погіршення якості пломби а його збільшення - до негативного впливу на поверхні внутрішніх порожнин рота, функціонування слинних залоз тощо. Тому актуальним технічним завданням є забезпечення в опромінювачах можливості автоматизованого контролю часу експозиції стоматологічних матеріалів для досягнення їх оптимальних експлуатаційних параметрів.

На сьогодні не існує систем, які б давали змогу контролювати час експозиції стоматологічного матеріалу. Оцінювання міцності матеріалів у стоматології проводиться методами, що визначаються стандартами ГОСТ Р51202-98 та ISO 4049 Однак, такі методи є руйнівними і після їх застосування наступне використання стоматологічного матеріалу неможливе. Також такі методи не дають можливості проведення експрес-оцінювання міцності матеріалів безпосередньо в процесі формування пломби [3]. Тому актуальною є задача пошуку неруйнівних методів визначення міцності стоматологічного матеріалу.

Одним з таких неруйнівних методів може бути метод, який ґрунтується на відборі електричного зонд-сигналу, що є результатом перетворення відбитого від поверхневого шару стоматологічного матеріалу опромінюючого сигналу (зазвичай це ультрафіолетове випромінювання) в зміну напруги фотоелектричного перетворювача (фотодіода) та наступному опрацюванні такого сигналу засобами комп’ютерної техніки [3]. При цьому, пломбуєчий матеріал розглядається як енергоактивний об’єкт, який поглинає енергію опромінюючого сигналу для забезпечення процесу полімеризації. Відповідно, за змінами енергетичних характеристик електричного зонд-сигналу можна оцінити зміну поглинутої енергії в процесі полімеризації пломбуєчого матеріалу та оцінити протікання цього процесу в часі для визначення оптимального часу опромінення пломбуєчого матеріалу. Однак відомо, що методи опрацювання визначаються математич-

ною моделлю, яка повинна бути адекватною задачі дослідження, фізичній природі таких сигналів та містити у своїй структурі інформативну ознаку зміни процесу полімеризації стоматологічного матеріалу.

Важливим суттєвим моментом технології виготовлення одноштучного (разового) виробу є його еволюційний розвій у часі та фінітність – початок і кінець. Це спричиняє потребу забезпечити спеціальними заходами однорідність статистичного матеріалу та достатність (репрезентативність) вибірки. Зокрема, це важливо для визначення стану технологічного стоматологічного процесу як специфічного енергоактивного об'єкта [4]. Якщо взяти до уваги описані вище властивості, що притаманні енергоактивному об'єктові, в ролі якого виступає разовий стоматологічний виріб, то суть методу буде такою: стоматологічний матеріал наносять на проблемну ділянку зуба та опромінюють УФ-випромінюванням, джерелом якого є спеціальні фотополімеризатори; частина енергії опромінювання поглинається в процесі полімеризації стоматологічного матеріалу (для підтримання процесу полімеризації), а частина відбивається як від поверхні нанесеного стоматологічного матеріалу, так і від поверхні полімеризованого шару матеріалу. Так відбувається згаданий вище “поділ енергії” – на ту, що спрямовується на підтримання процесу полімеризації (частина енергії, яка поглинається стоматологічним матеріалом), і ту, що витрачається на створення сигналу про стан системи і перенесення даних про нього (частина енергії, що відбивається від поверхні полімеризованого шару стоматологічного матеріалу).

Енергія здійснює відбір відомостей про стан за допомогою відбитих променів з урахуванням факту, що процес еволюційний. Тому використано переривчасту модернізацію відбору, яка має врахувати як швидкість зміни стану об'єкта, так і тривалість імпульсів відбитого УФ світла, щоб забезпечувалася достатня якість статистики для визначення характеристик відбитого сигналу – точність за незмінності стану процесу, подібно, як це відбувається під час вимірювання серцевого ритму – кількості ударів за хвилину, що її визначають підрахунком упродовж 15 секунд і множенням на 4. Таким компромісом розв'язуються задачі оптимізації [4].

Наведені аргументи вказують на актуальність задачі обґрунтування математичної моделі електричного зонд-сигналу та розроблення методу їх статистичного опрацювання для виявлення нових інформативних ознак в області реставраційної стоматології, які були б індикаторами процесу полімеризації стоматологічного матеріалу.

#### **Література**

В. В. Никитюк, Л. Є. Дедів, М. О. Хвостівський. Метод комп'ютерного оцінювання міцності стоматологічного матеріалу за фотоелектричним сигналом // Вісник Сумського державного університету. – Суми: Видавництво СумДУ, 2012, № 2. – С. 182-188.

Я. Драган, В. Никитюк, Л. Хвостівська. Математична модель фотоелектричного сигналу полімеризації стоматологічного матеріалу у вигляді імпульсного періодичного корельованого випадкового процесу // Вісник Національного університету «Львівська політехніка». – Львів: Видавництво Львівської політехніки, 2013. – № 771. – С. 146-149.

В. В. Никитюк, В. Г. Дозорський, Г. М. Шадріна. Обґрунтування структури системи відбору фотоелектричних сигналів для визначення ступеня полімеризації стоматологічного матеріалу // Вісник Хмельницького національного університету. – Хмельницький : Видавництво ХНУ, 2014. – № 2 (211). – С. 189-192.

Драган Я. П., Никитюк В. В., Паляниця Ю. Б. Енергетично-сигнальна концепція визначення стану технологічного стоматологічного процесу як енергоактивного об'єкта // Вісник Національного університету «Львівська політехніка». – Львів: Видавництво Львівської політехніки, 2015. – № 826. – С. 368-372.