

ВІДГУК

офіційного опонента

на дисертаційну роботу **Никитюка Вячеслава Вячеславовича**
“Математична модель електричного зонд-сигналу для визначення динаміки стану реставраційного стоматологічного процесу”,
представлену на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 01.05.02 – математичне моделювання та обчислювальні методи

Актуальність теми дисертаційної роботи

Для забезпечення повноцінного функціонування первинної ланки системи травлення людини необхідна своєчасна діагностика, лікування та відновлення зубів у лікаря-стоматолога. Зокрема, при цьому дуже часто проводиться процедура заміни відсутніх частин зуба (емалі, дентину) реставраційними матеріалами, які максимально подібні за механічними характеристиками та властивостями до природніх тканин. З цією метою найбільш широко використовуються стоматологічні матеріали, полімеризація яких здійснюється під дією ультрафіолетового (УФ) випромінювання.

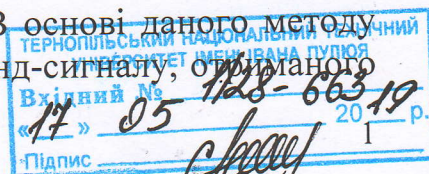
Для високоякісного процесу пломбування зубів важливим фактором є забезпечення оптимального часу експозиції УФ опромінювання стоматологічного матеріалу, оскільки зменшення цього часу приводить до неповної полімеризації, а його збільшення – до погіршення клінічних та естетичних параметрів реставрації.

Дана дисертаційна робота присвячена вирішенню актуального технічного завдання пошуку ефективних методів контролю процесу відновлення твердих тканин зубів фотополімерними матеріалами, з можливістю забезпечення в УФ випромінювачах автоматизованого контролю оптимального часу експозиції фотополімерних стоматологічних матеріалів для досягнення їх відмінних експлуатаційних параметрів. Проведені дослідження є особливо актуальними, зважаючи на відсутність на ринку стоматологічного обладнання технічних засобів, які давали б змогу контролювати час під час процесу фотополімеризації відповідних реставраційних матеріалів.

Ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків та рекомендацій, сформульованих у дисертації, їхня достовірність

Наукова новизна отриманих результатів у роботі полягає у розробці методу контролю процесу фотополімеризації стоматологічного матеріалу, обґрунтуванню математичної моделі електричного зонд-сигналу, застосуванню інформативних ознак та створенню відповідного методу комп'ютерного імітаційного моделювання:

1. Уперше розроблено метод неруйнівного контролю процесу полімеризації стоматологічного матеріалу для визначення оптимального часу, з можливістю часового моніторингу процесу. В основі даного методу забезпечений відбір та опрацювання електричного зонд-сигналу, отриманого



на виході фотодіода, внаслідок відбиття УФ випромінювання від поверхневого шару стоматологічного матеріалу.

2. Обґрунтовано математичну модель електричного зонд-сигналу у вигляді імпульсного періодично корельованого випадкового процесу, що дало змогу контролювати процес полімеризації стоматологічного матеріалу в часі.

3. Уперше застосовано в якості інформативних ознак електричного зонд-сигналу кореляційні компоненти, які виражають динаміку процесу полімеризації стоматологічного матеріалу в реставраційній стоматології.

4. Розроблено метод комп'ютерного імітаційного моделювання електричного зонд-сигналу, який підтвердив узгодження результатів комп'ютерного експерименту з емпіричними даними.

Ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків і рекомендацій визначається їх відповідністю сучасному стану математичного моделювання, підтверджується коректним застосуванням математичної моделі електричного зонд-сигналу для розроблення засобів контролю та візуалізації динаміки процесу полімеризації стоматологічного матеріалу та статистичної теорії вибору рішень при оцінюванні інформативних характеристик досліджуваного сигналу та верифікації математичної моделі. Ефективність підходу підтверджена апробаціями на наукових конференціях та впровадженнями, про що свідчать відповідні акти.

Достовірність одержаних в дисертації результатів і висновків забезпечується математичною строгістю поставленої задачі обґрунтування математичної моделі електричного зонд-сигналу та розробкою методу статистичного опрацювання з використанням основних положень теорії ймовірностей, математичної статистики та математичного моделювання для виявлення нових інформативних ознак в області реставраційної стоматології, які є ефективними індикаторами процесу полімеризації стоматологічного матеріалу. Адекватність обґрунтованої математичної моделі електричного зонд-сигналу підтверджена результатами експериментальних досліджень, за значеннями кореляційних компонент.

Значущість отриманих результатів для науки і практики

Значущість отриманих результатів полягає у розробці методу неруйнівного контролю міцності пломби в процесі її полімеризації на основі реєстрації та подальшого опрацювання зареєстрованих зонд-сигналів, а також обґрунтування математичної моделі та методів опрацювання досліджуваних сигналів для моніторингу оптимального часу експозиції фотополімеризації стоматологічного матеріалу.

Дисертаційну роботу виконано в рамках зареєстрованих науково-дослідних тем: «Дослідження змін функціонального стану організму людини за біосигналами засобами енергетичної теорії стохастичних сигналів» та «Інформаційні технології дослідження сигналів з характерними особливостями періодичності».

Практичне значення дисертаційної роботи для автоматизованого контролю процесу полімеризації та вирішення проблеми покращення фізико-механічних властивостей стоматологічних матеріалів підтверджено використанням результатів досліджень в трьох стоматологічних клініках.

Запропоновані методи моніторингу процесу полімеризації, які розроблені в даній роботі, доведено до комп'ютерної реалізації. Розроблено пакет прикладних програм у середовищі Matlab для дослідження та оцінювання міцності фотополімерних матеріалів під дією УФ випромінювання.

Розроблена комп'ютерна програма дає змогу проводити реєстрацію та опрацювання електричних зонд-сигналів з метою оцінювання динаміки процесу фотополімеризації стоматологічних матеріалів впроваджена в навчальному процесі кафедри дитячої стоматології Тернопільського державного медичного університету ім. І. Я. Горбачевського.

Повнота викладення результатів у опублікованих матеріалах

Основні результати дисертаційної роботи опубліковано у 15-ти наукових працях, з них: 2 статті у закордонних наукових періодичних виданнях, 5 статей у наукових фахових виданнях України, 8 публікацій у матеріалах міжнародних та всеукраїнських науково-технічних та науково-практичних конференціях. Рівень та кількість публікацій відповідають вимогам, що ставляться до кандидатських дисертацій в Україні.

Огляд змісту роботи

Дисертаційна робота складається із переліку умовних позначень, вступу, чотирьох розділів, висновків, переліку використаних джерел та трьох додатків.

Загальний обсяг дисертації становить 160 сторінок, основний текст займає 110 сторінок, список використаних джерел містить 127 найменувань на 12 сторінках. В додатках наведені лістинги комп'ютерних програм: оцінювання максимального значення, математичного сподівання та дисперсії електричного зонд-сигналу в межах ковзного вікна; опрацювання досліджуваного сигналу модифікованим синфазним методом та програми для комп'ютерного моделювання зареєстрованого електричного сигналу, а також акти впровадження, що підтверджують практичну цінність результатів досліджень дисертаційної роботи.

У вступі, шляхом аналізу стану задачі оцінювання динаміки процесу полімеризації стоматологічного матеріалу за електричним зонд-сигналом, обґрунтовано актуальність теми дисертації, відзначено зв'язок роботи з науковими темами, сформульовано мету і задачі дослідження, визначено об'єкт, предмет і методи дослідження, показано наукову новизну та практичне значення отриманих результатів, представлено інформацію про особистий внесок здобувача в кожну із публікацій та апробацію роботи.

У першому розділі наведено результати аналізу і стан справ та тенденції розвитку стоматологічних матеріалів, що застосовуються в реставраційній стоматології. Проаналізовано основні типи матеріалів, що застосовуються в реставраційній стоматології, зокрема для формування пломб, якість яких буде залежати від часу УФ випромінюванням. З метою зменшення його негативного впливу на слизові оболонки ротової порожнини та досягнення найкращих фізико-механічних параметрів пломби надзвичайно важливим є забезпечення можливості оцінювання динаміки процесу полімеризації таких матеріалів в процесі формування пломби. Проведений аналіз показав відсутність неруйнівних методів контролю якості пломбуєчих стоматологічних матеріалів.

У даному розділі розроблено авторський метод контролю процесу фотополімеризації стоматологічних матеріалів, завдяки оцінюванню зміни інтенсивності періодичних імпульсів УФ-випромінювання, внаслідок їх відбивання від фотополімерної пломби, з подальшою реєстрацією електричного зонд-сигналу. Враховуючи вищенаведену інформацію показано необхідність обґрунтування вибору математичної моделі та розроблення методу опрацювання досліджуваних сигналів.

У другому розділі, враховуючи фізичну природу формування електричного зонд-сигналу представлено вимоги до його математичної моделі. Серед яких слід відзначити: можливість врахування у своїй структурі періодичності досліджуваного сигналу та його енергетичних параметрів, які будуть характеризувати міцність пломб, та в кінцевому результаті дасть змогу оцінити ефективність процесу фотополімеризації стоматологічних матеріалів. Для моделювання електричного зонд-сигналу використано методи гармонічного аналізу детермінованих коливань та відзначено, що в процесі полімеризації стоматологічного матеріалу в часі параметри кожного окремо взятого імпульсу змінюються в залежності від товщини шару його нанесення, параметрів опромінювача та зовнішніх факторів. Дані чинники впливають на появу додаткових неінформативних завад та в кінцевому результаті на процес контролю процесу фотополімеризації.

Розглянуто метод моделювання електричного зонд-сигналу у вигляді спектрального аналізу стаціонарних випадкових процесів, який враховує випадковість форми протікання процесу фотополімеризації, але не враховує його періодичність і не має засобів оцінювання часово-фазової структури досліджуваного сигналу, що є важливим для виявлення особливостей динаміки стоматологічного процесу.

Ключовим аспектом даного розділу є обґрунтування вибору математичної моделі електричного зонд-сигналу у вигляді періодично-корельованого випадкового процесу. Дана модель є адекватною для задачі контролю процесу фотополімеризації стоматологічного реставраційного матеріалу, оскільки об'єктивно відображає природу електричного зонд-сигналу, враховуючи випадковість, періодичність та можливості оцінювання змін у часово-фазовій структурі досліджуваних сигналів.

У третьому розділі розроблено структурну схему системи для реєстрації електричних зонд-сигналів. Складовими частинами якої є фотоприймач та випромінювач УФ випромінювання з джерелом живлення, фільтр низьких частот, аналогово-цифровий для оцифрування електричного зонд-сигналу та блок опрацювання оцифрованого електричного зонд-сигналу.

Розроблена система для контролю часу експозиції композитного стоматологічного матеріалу може бути використана як складова частина сучасних стоматологічних фотополімеризаційних опромінювачів.

Виходячи із математичної моделі електричного зонд-сигналу у вигляді періодично корельованого випадкового процесу обґрунтовано синфазний метод опрацювання таких сигналів та розроблено алгоритм його реалізації.

У четвертому розділі наведено результати опрацювання електричного зонд-сигналу, відібраного з допомогою описаної системи реєстрації, з модифікованим синфазним методом. Розроблено комп'ютерну імітаційну модель електричного зонд-сигналу базуючись на моделі у вигляді періодично корельованої випадкової послідовності.

Для оцінки контролю процесу полімеризації стоматологічного реставраційного матеріалу проведено дослідження електричного зонд-сигналу з використанням синфазного методу. З метою отримання інформативних ознак досліджуваного сигналу обчислені кореляційні компоненти, які є інваріантними у часі та виявляють локалізацію розподілу потужності сигналу на певних частотах.

З метою додаткового підтвердження узгодження експериментальних та теоретичних даних, у даному розділі представлено результати імітаційного моделювання електричного зонд-сигналу.

Список літератури відображає найбільш значущі наукові роботи, пов'язані з тематикою дисертації. Список використаних джерел охоплює праці з дослідження характеристик стоматологічних матеріалів, математичного моделювання, теорії ймовірностей та математичної статистики, а також використання енергетичної теорії.

По дисертаційній роботі варто відзначити наступні зауваження:

1. У оглядовій частині дисертаційної роботи недостатньо приділено уваги порівняльному аналізу різних методів контролю процесу полімеризації стоматологічних матеріалів.

2. Більше уваги у дисертаційній роботі варто було б звернути на методи попередньої обробки електричного зонд-сигналу, оскільки від їх адекватності та коректності, суттєво залежить ефективність розроблених у роботі статистичних методів опрацювання досліджуваного сигналу.

3. На рис.1 в авторефераті та рис. 1.5 в дисертаційній роботі не вказано параметрів збиральної лінзи та конструктивних особливостей кріплення її та фотодіода.

4. В авторефераті на рис. 8, 9, 10 доцільно було використати більший шрифт для стаціонарних, кореляційних компонент, їх функцій та числових значень.

5. При виборі фотодіода в роботі доцільно було навести результати порівняльного аналізу з іншими фотоелектронними пристроями, зокрема врахування таких важливих параметрів, як чутливість, еквівалентна потужність шуму, вольт-амперна та спектральна характеристики, темновий рівень струму, інерційність, а також режим ввімкнення (фотогальванічний або фотодіодний).

6. В дисертаційній роботі не вказано з якою достовірністю можна приймати рішення для контролю якості процесу полімеризації з метою оцінювання міцності стоматологічних матеріалів.

7. У дисертації та авторефераті наявні незначні граматичні та стилістичні помилки.

Вказані недоліки не знижують наукової та практичної цінності роботи і не впливають на її загальну оцінку.

Загальна оцінка роботи і висновки

Враховуючи результати детального аналізу наукових досліджень, можна з впевненістю стверджувати, що дисертаційна робота Никитюка В.В. на тему «Математична модель електричного зонд-сигналу для визначення динаміки стану реставраційного стоматологічного процесу» є завершеною кваліфікаційною науковою працею. В дисертаційній роботі вирішено актуальне завдання розробки та дослідження неруйнівного методу контролю якості процесу полімеризації стоматологічного матеріалу. При цьому було обґрунтовано математичну модель процесу полімеризації на основі розробленого методу автоматизованого контролю, який ґрунтується на відборі та опрацюванні сигналу. Для виявлення інформативних ознак контролю процесу фотополімеризації стоматологічного матеріалу розроблено метод статистичного опрацювання досліджуваних сигналів. Дисертація написана сучасною науково-технічною мовою, послідовно, логічно та грамотно. Стиль викладення матеріалу забезпечує доступність його сприйняття.

Робота у достатній мірі проілюстрована рисунками, графіками, таблицями, оформлена акуратно у відповідності з вимогами, які ставляться до дисертаційних робіт.

Опубліковані наукові праці Никитюка В.В. за темою дослідження повністю відображають основні положення дисертації.

Автореферат дисертації достатньо повно розкриває її зміст.

Дисертаційна робота містить нові науково-обґрунтовані результати, які є важливими на сучасному етапі математичного моделювання та розробки автоматизованих систем контролю процесу полімеризації стоматологічного матеріалу і цілком відповідає вимогам паспорту спеціальності 01.05.02 – математичне моделювання та обчислювальні методи.

Актуальність розглянутої проблеми, проведені фундаментальні наукові дослідження та отримані корисні результати дають право вважати, що дисертаційна робота відповідає вимогам, які ставляться до робіт на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук, зокрема (п. 9, 11, 12 щодо кандидатських дисертацій) “Порядку присудження наукових ступенів” затвердженого постановою Кабінету Міністрів України від 24 липня 2013р. №567 (зі змінами), а її автор, Никитюк Вячеслав Вячеславович, заслуговує присудження наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 01.05.02 – математичне моделювання та обчислювальні методи.

к.т.н., доцент, доцент кафедри
медичної інформатики
Тернопільського державного медичного
університету ім. І.Я. Горбачевського

А.С. Сверстюк

Підпис к.т.н., доцента, доцента кафедри
медичної інформатики
Тернопільського державного медичного
університету ім. І.Я. Горбачевського з а в і р я ю:

Вчений секретар
Тернопільського державного медичного
університету ім. І.Я. Горбачевського
проф. І.Є. Герасимюк



завіряю

Помічник ректора з кадрових питань
Тернопільського медуніверситету