

## ОТЗЫВ

**официального оппонента** на диссертационную работу Кириллова Андрея Игоревича «Информационно-измерительная система для контроля прочностных характеристик пломбировочных материалов», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности **2.2.8 – Методы и приборы контроля и диагностики материалов, изделий, веществ и природной среды**

**Актуальность темы.** В настоящее время в стоматологии широко используются композитные пломбировочные материалы (ПМ), обладающие высокими прочностными и адгезивными характеристиками, обеспечивающими надежное и долговечное соединение пломбы и зуба. Однако, не всегда такие характеристики ПМ приводятся в их паспорте, что не дает возможности объективно оценить качество будущей отреставрированной полости зуба. Соединения твердых тканей зуба и ПМ подвержены регулярным циклическим нагрузкам, обусловленным жевательным процессом человека, и являются основным фактором разрушения реставраций кариозных полостей. Циклические напряжения, возникающие на границе соединения зуб-пломба, в сочетании с высоким уровнем остаточных напряжений и накопленными микрповреждениями приводят к трещинообразованию и разрушению этого соединения. Существующие в настоящее время методы и средства изучения ПМ и их соединений с твердыми тканями зуба не учитывают циклический характер нагружения соединений и поэтому не позволяют в достаточной степени оценить их качество. Все это требует создания такого инструментария, который позволил бы сочетать высокоточные исследования прочностных характеристик ПМ и их соединений с твердыми тканями зуба с ускоренным проведением циклических испытаний, имитирующих жевательный процесс.

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Удмуртский федеральный исследовательский центр Уральского отделения Российской академии наук»	
Вх. №	172
Дата	02.02.2024

Таким образом, *актуальность* темы диссертационной работы Кириллова А.И. обусловлена ее важностью как для индустрии новых и перспективных пломбировочных материалов, так и в целом, для развития методов проведения циклических испытаний соединений зуб-пломба для данных материалов с контролем качества их адгезии.

*Целью работы* является создание инструмента для ускоренных испытаний соединений пломбировочных материалов и твердых тканей зуба с имитацией жевательного процесса.

Диссертация содержит введение, 4 главы и заключение, изложенные на 175 с. машинописного текста. В работу включены 54 рис., 28 табл., список литературы из 153 наименований и приложение.

*Во введении* сформулированы актуальность, цель и задачи работы, объект и предмет исследований.

*В первой главе* дан обзор современного состояния вопросов исследования пломбировочных материалов и их соединений с твердыми тканями зуба, в том числе, их прочностных характеристик, напряженно-деформированного состояния, средств их контроля и обнаружения дефектов. Сформулированы конкретные задачи и определены способы их решения, которые можно считать адекватными поставленной цели.

*Во второй главе* рассмотрены особенности работы двухуровневой информационно-измерительной системы (ИИС), предназначенной для ускоренных исследований напряженно-деформированного состояния пломбировочных материалов. Представлены разработанная электромеханическая модель силового блока ИИС и принцип работы силового пьезоэлектрического преобразователя в замкнутой механической системе. Приведена математическая модель эффекта упрочнения (или подкрепления) образца тензодатчиком, которая может быть использована для повышения точности измерения продольных деформаций образца.

*В третьей главе* исследованы вопросы создания двухуровневой ИИС для ускоренных испытаний прочностных характеристик образцов. Предложена

конструкция силового блока первого уровня ИИС. Приведены блок-схемы алгоритмов функционирования первого уровня ИИС, позволяющие, в целом, осуществить автоматический останов испытаний образца. Представлен способ вычисления упругих характеристик образца при циклических испытаниях по измеренным значениям деформаций и приложенной силы. Рассмотрены вопросы разработки второго уровня ИИС для высокоточных измерений электропроводности твердых тканей зуба и экспресс-диагностики прочностного состояния образцов на основе электрометрического и оптического контроля, а также проблемы измерения электропроводности твердых тканей зубов и пломбировочных материалов. На основе сравнительного анализа известных методов измерения электропроводности предложен способ и разработано устройство, позволяющие диагностировать внутреннее состояние твердых тканей зуба с пломбировочным материалом как *in vitro*, так и *in vivo*.

*Четвертая глава* посвящена разработке комплексной методики для изучения прочностных характеристик пломбировочных материалов с применением разработанной двухуровневой ИИС. Предложен способ и разработана программа для теоретического исследования пломбировочных материалов и их соединений с твердыми тканями зуба, позволяющие осуществлять автоматизированное сравнение трехмерного напряженно-деформированного состояния образца при изменении его механических параметров. Приведены результаты экспериментальных исследований образцов соединений твердых тканей зуба и композитных ПМ. Представлены формулы для расчета модуля Юнга и коэффициента Пуассона, а также дан анализ погрешностей их измерений с использованием параметров разработанной двухуровневой ИИС.

*Степень обоснованности научных положений, выводов, рекомендаций.* Автор четко структурировал решение поставленной проблемы. Основные теоретические положения вполне согласуются с подходами и результатами, развиваемыми в известных работах.

Использованные в работе математические и имитационные модели базируются на фундаментальных положениях механики деформируемого твердого тела, электротехники, электрохимии. Результаты диссертационной работы прошли апробацию и независимую экспертизу в научных организациях.

При обосновании моделей для описания силового блока ИИС и эффекта упрочнения образца, а также процесса протекания электрического тока в твердых тканях зуба соискатель вполне корректно использует классические теории и теоретические положения.

**Оценка новизны и достоверности.** В качестве новых научных результатов автор выдвигает следующие положения:

– методика и реализующая ее двухуровневая ИИС для проведения ускоренных испытаний прочностных характеристик ПМ и их соединений с твердыми тканями зубов *in vitro* при циклическом приложении к образцу силового воздействия заранее заданной амплитуды;

– научно обоснованные требования к созданию программно-аппаратного обеспечения первого уровня ИИС на основе силового блока с использованием пьезопреобразователя и описывающая работу этого блока электромеханическая модель, дающая возможность определить оптимальные условия работы пьезопреобразователя;

– комплексный метод, включающий в себя экспериментальные и теоретические исследования прочностных характеристик ПМ и их соединений с твердыми тканями зубов, на основе аппаратно-программного совмещения первого и второго уровня ИИС с телекоммуникационной сетью и дистанционного доступа к измерительному и управляющему оборудованию.

Новизна этих научных результатов не вызывает сомнений, а их совокупность обеспечивает создание инструмента для измерения и исследования прочностных характеристик пломбировочных материалов.

Полученные автором результаты достоверны, выводы и заключения обоснованы, опираются на расчетную и экспериментальную базу. Работа хорошо и аккуратно оформлена, удачным следует признать и иллюстративный материал. По каждой главе и диссертации в целом сделаны четкие выводы, акцентирующие внимание на новых научных результатах.

Автореферат полностью соответствует основному содержанию диссертации. Список основных публикаций автора по теме исследования состоит из 20 научных работ различного уровня (в том числе, 4 публикации в изданиях, рекомендуемых ВАК), в которых изложены все результаты исследований.

#### ***Замечания по диссертационной работе.***

1. В диссертации при описании разработанной информационно-измерительной системы не приведена оценка рабочего диапазона измеряемых значений модуля Юнга и коэффициента Пуассона.

2. В алгоритме обеспечения заданного закона силового воздействия для циклического режима (рис. 3.12, п.3.3.1) отсутствует критерий останова «превышение амплитуды сигнала с преобразователя акустической эмиссии». Его следует привести в начале алгоритма, например, перед блоком «Считывание АЦП».

3. При описании структуры цифрового фильтра (п. 3.3.2, рис. 3.14) не приведен алгоритм выбора ширины полосы пропускания полосового фильтра  $F_{ш}$ .

4. Не совсем понятно, для чего в разработанном в работе интеллектуальном электрометрическом устройстве реализован электрометрический контроль «живых» зубов, хотя в информационно-измерительной системе он используется для контроля только удаленных зубов.

5. Встречаются неточности, допущенные при оформлении диссертации: в п. 3.4.2 используется сокращение «интеллектуальное электрометрическое устройство (ИЭУ)» только в пределах одного параграфа,

поэтому его введение нецелесообразно; в п. 2.3 на стр. 66 в первом абзаце перепутаны индексы модулей упругости стали и дентина, указанные в скобках; в п. 2.3 на стр. 76 для рисунка 2.14 не приведена формула для  $\delta_1$  и др.

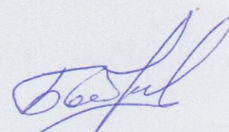
Отмеченные недостатки не снижают качество диссертационной работы и не влияют на значимость полученных теоретических и практических результатов исследований.

### **Заключение.**

Диссертация является законченной научной квалификационной работой, в которой получены научно обоснованные технические решения, внедрение которых вносит значительный вклад в исследования прочностных характеристик пломбировочных материалов.

Диссертационная работа отвечает требованиям пункта 8 Положения ВАК РФ о порядке присуждения ученых степеней, а её автор Кириллов А.И. заслуживает присвоения ученой степени кандидата технических наук по специальности **2.2.8 – Методы и приборы контроля и диагностики материалов, изделий, веществ и природной среды.**

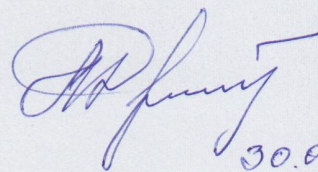
Доктор технических наук, доцент,  
профессор кафедры «Физика,  
электротехника, диагностика и управление в  
технических системах», Федеральное  
государственное бюджетное  
образовательное учреждение высшего  
образования «Сибирский государственный  
университет путей сообщения»

  
30.01.24г.

Бобров Алексей  
Леонидович

6340049, г. Новосибирск, ул. Дуси Ковальчук, 191,  
рабочий телефон: +7-(383)-328-03-02,  
электронная почта: beaver@stu.ru

Подпись Боброва Алексея Леонидовича  
Заверяю  
Ученый секретарь ученого совета СГУПС

  
30.01.2024г.

Гербер А.Р.