

контролировалось с помощью динамометрического ключа типа МТ-R1040 (в Н/см) с точно заданным крутящим моментом затяжки M . Исследование прочности соединения в системе «дентальный имплантат-абатмент» проводили на малогабаритной лабораторной установке [3], разработанной и изготовленной в ИПФ НАН Беларуси и предназначенной для механических испытаний плоских образцов из ферромагнитных материалов. Принцип работы установки основан на циклическом нагружении свободного конца консольно-защемленного образца специальным силовым элементом в виде подшипника качения. Для исследования прочности винтового соединения в системе «дентальный имплантат-абатмент» усталости узел защемления установки был усовершенствован.

В результате нагружения силовозбудителем незащемленного конца носителя 3 и ортопедической конструкции 4 при постоянной амплитуде напряжений σ , равной ориентировочно 120 МПа, с ростом N происходит накопление усталостной повреждаемости, приводящее к снижению прочностных характеристик в системе «дентальный имплантат-абатмент» и ослаблению крепления абатментов ортопедической конструкции 4. Выбранное значение создаваемых напряжений в системе «дентальный имплантат-абатмент» рассчитывалось по прогибу конца фиксатора, измеренного с помощью индикатора перемещения часового типа или с помощью электронного штангенциркуля. Характеризующий момент M затяжки фиксирующих винтов абатментов, или усилие, а также количество циклов нагружения N , являются количественными мерами ослабления винтовой фиксации в системе «дентальный имплантат-абатмент» имеющейся ортопедической конструкции 4.

Испытания показали работоспособность и эффективность предложенного устройства и методики исследования прочности винтового соединения системы «дентальный имплантат-абатмент» на усталость при изменении ориентации и угла направления нагрузки, степени затягивания фиксирующих винтов абатментов и количества циклов нагружения.

Выводы:

– реализована методика проведения усталостных испытаний винтовых соединений в системе «дентальный имплантат-абатмент», позволяющая моделировать реальные условия функционирования ортопедической конструкции в полости рта;

– изготовлены специальные носители в виде восьми- и шестнадцатигранника с ортопедическими конструкциями установленными в них под углом $22,5^\circ$ и 45° относительно направления действия приложенной нагрузки к ним;

– предварительные испытания устройства показали работоспособность и эффективность при исследовании прочности винтового соединения в системе «дентальный имплантат-абатмент» в зависимости от направления угла действия нагрузки на ортопедические конструкции.

Литература

1. Рубникович, С.П., Прялкин, С.В. Использование мезоструктур при изготовлении зубных протезов с опорой на дентальные имплантаты: *Стоматолог*, Минск, 2016. – №2 (21). – С.62–63.
2. Лахтин, Ю.М., Леонтьева, Н.М. Материаловедение Учебн. для ВУЗов. М.: Машиностроение, 1990. – 528 с.
3. Бусько, В.Н. Лабораторная установка для исследования усталостной повреждаемости плоских ферромагнитных образцов // *Приборы и техника эксперимента*, 2011. – № 1. – С. 165–167.

УДК 535-3, 535.314

ФОРМИРОВАНИЕ РЕНТГЕНОВСКОГО ПУЧКА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЛИНЗЫ КУМАХОВА Дудчик Ю.И., Хилько Г.И., Кучинский П.В., Новик А.Н.

*Научно-исследовательское учреждение «Институт прикладных физических проблем им. А.Н. Севченко»
Белорусского государственного университета, Минск, Республика Беларусь*

В некоторых из устройств рентгеновской техники возникает необходимость направить рентгеновский пучок на объект, который удален на относительно большое расстояние от источника излучения. Как правило, для этих целей используется коллиматор, что, однако, приводит к потере интенсивности пучка. Если требуется получить пучок микронных размеров, то для формирования пучка можно использовать многоэлементные преломляющие рентгеновские линзы [1]. Для рентгеновских пучков диаметром в сотни микрометров указанные линзы не эффективны, поскольку их апертура не превышает значение порядка

100 мкм, например, для фотонов с энергией 8 кэВ. Для этих целей перспективно использовать поликапиллярные линзы Кумахова [2]. Линзы Кумахова состоят из большого числа изогнутых специальным образом стеклянных микрокапилляров, по которым рентгеновские лучи распространяются в режиме полного внешнего отражения – как в оптических волноводах. Указанные линзы имеют апертуры в несколько миллиметров и позволяют сфокусировать рентгеновские лучи в пятно размеров в 50–500 мкм на расстоянии в 20–80 см от источника излучения.

Нами разработана рентгенооптическая система фокусировки рентгеновского излучения с использованием линзы Кумахова. Предполагается, что указанная система окажется эффективной для разрабатываемого нами сканера обратного рассеяния [3], в котором объект сканируется рентгеновским пучком диаметром около 1 мм, а детектор регистрирует интенсивность обратнорассеянного рентгеновского пучка, при этом детектор расположен со стороны источника излучения.

В состав разработанной системы входят: источник рентгеновского излучения, линза Кумахова, двумерная цифровая рентгеновская камера для визуализации рентгеновского пучка, объект исследования. Структурная схема стенда показана на рисунке 1. Фотография стенда показана на рисунке 2. Рентгеновское излучение от источника проходит через линзу Кумахова и фокусируется на исследуемом объекте. Рентгеновский пучок в месте расположения объекта регистрируется рентгеновской камерой, и изображение сечения пучка выводится на экран монитора компьютера.

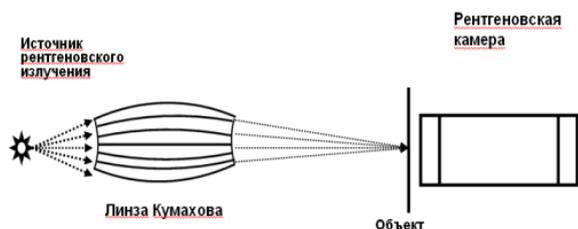


Рисунок 1 – Структурная схема стенда фокусировки и регистрации рентгеновского излучения

Получены изображения сфокусированного линзой Кумахова рентгеновского пучка. Фокусное расстояние линзы Кумахова составляет 152 мм для фотонов с энергией 8 кэВ. Перед камерой расположена металлическая сетка с диаметром отверстия 250 мкм. Диаметр фокусного пятна рентгеновского излучения – порядка 1 мм. Сетка используется как дополнительное устройство для определения размера пучка. На рисунке 3 показаны полученные изображения пучка и сетки, освещенной сфокусированным рентгеновским пучком.



Рисунок 2 – Фотография стенда для фокусировки рентгеновского излучения. 1 – рентгеновская камера; 2 – сетка; 3 – линза Кумахова в гониометре; 4 – источник рентгеновского излучения

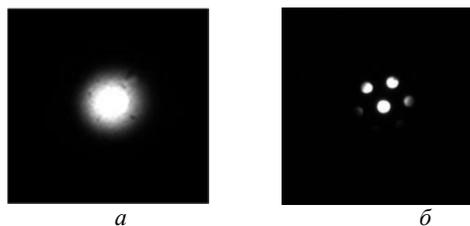


Рисунок 3 – а) изображение сфокусированного рентгеновского пучка; б) теневое изображение металлической сетки, освещенной рентгеновским пучком

Разработанная рентгенооптическая система использовалась для определения интенсивности обратнорассеянного рентгеновского пучка от различных материалов. Структурная схема стенда для исследований показана на рисунке 4. В состав стенда входят рентгеновская трубка БСВ-17 с медным анодом, линза Кумахова, сцинтилляционный детектор со счетчиком импульсов. Рабочее напряжение на аноде трубки регулируется от 10 до 40 кВ, анодный ток – от 2 до 14 мА. Рентгеновское излучение от источника проходит через линзу Кумахова и фокусируется на исследуемом объекте. Количество отраженных импульсов регистрируется сцинтилляционным детектором и подсчитывается счетчиком импульсов. Образцы располагались на расстоянии 152 мм от линзы Кумахова. Диаметр фокусного пятна рентгеновского излучения составлял порядка 1 мм. В качестве образцов использовались пластины из дюралюминия, свинца, пластика и железа.

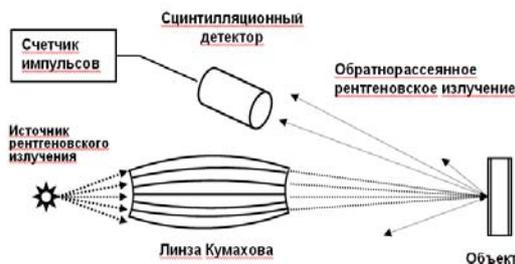


Рисунок 4 – Структурная схема стенда измерения интенсивности обратнорассеянного рентгеновского излучения

Определена зависимость интенсивности обратнорассеянного рентгеновского излучения от материала образца. Полученные данные приведены в таблице.

Таблица – Интенсивность обратнорассеянного рентгеновского пучка от различных материалов

№ п/п	Наименование материала	Напряжение, сила тока анода рентгеновской трубки / Интенсивность обратнорассеянного рентгеновского пучка, имп/с	
		16 кэВ, 2мА	32 кэВ, 2мА
1	Дюралюминий	20 000	72000
2	Свинец	22000	74000
3	Пластик	42000	130000
4	Железо	150000	350000

Из таблицы видно, что интенсивность обратнорассеянного пучка максимальна от железа, что, по-видимому, связано с флуоресценцией атомов железа, которые эффективно возбуждаются рентгеновской трубкой с медным анодом.

Использование рентгенооптических элементов позволяет получать первичный пучок рентгеновского излучения с заданными параметрами, что позволяет повысить разрешающую способность системы регистрации обратнорассеянного рентгеновского излучения.

Литература

1. Дудчик, Ю.И. Многоэлементная сферическая преломляющая линза для формирования

микро- и наноразмерных пучков рентгеновского излучения // Вест. Белорус. гос. ун-та. Сер. 1, Физика. Математика. Информатика. – 2008. – № 2 – С. 26–30.

2. Kumakhov M.A. Channeling of photons and new x-ray optics, Nucl.Instr& Meth., 1990, B48,1–4, pp. 283–286.

3. Сканер для получения изображения объектов в обратнорассеянных рентгеновских лучах / Ю.И. Дудчик, Г.И. Хилько, П.В. Кучинский, А.Н. Новик, М.И. Новик, И.В. Белый, Крекотень О.В. // Материалы девятой Международной научно-технической конференции «Приборостроение–2016». – Минск, БНТУ, 2017. – С. 50–51.

УДК 621.3.049.77: 681.586

ИНФОРМАЦИОННО-ИЗМЕРИТЕЛЬНАЯ СИСТЕМА НА БАЗЕ ЦИФРОВЫХ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ЭЛЕКТРОННЫХ МОДУЛЕЙ

Здоровцев С.В., Кушнеров Д.П., Сушко В.А.

ОАО «МНИПИ», Минск, Республика Беларусь

В работе представлены результаты разработки и исследования информационно-измерительной системы (ИИС) на базе цифровых функциональных электронных модулей (ФЭМ).

Для реализации ИИС был выбран принцип построения архитектуры модульных устройств [1], предусматривающий следующие особенности: многоканальная обработка; микропроцессорная и микроконтроллерная организация; обеспечение независимости метрологических характеристик каналов измерения от внешних каналов обмена информацией; структуризация вычислительного процесса, основанная на выделении проблемных, управляющих и коммуникационных процедур аппаратно-программная поддержка основных процедур; модульная структура программных и аппаратных средств; специализация модулей на реализацию процессов; увеличение объема и глубины самоконтроля; программируемость архитектуры ИИС; многоуровневая адаптируемость к изменяемым требованиям, благодаря возможности модернизации и развития прикладного и системного программного обеспечения, гибкого наращивания аппаратных средств, а также возможности модернизации аппаратных модулей и их замены более совершенными устройствами.

Структурная схема ИИС представлена на рисунке 1.

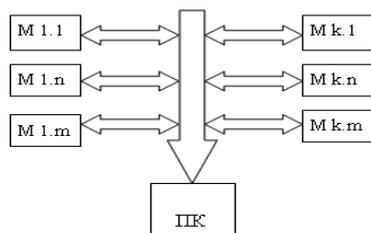


Рисунок 1 – Структурная схема ИИС

В данной схеме архитектура ИИС формируется в виде сетевых иерархических микрокомпьютерных объединений (M1.1,... M 1.n,... M 1m, ...M k.1,...M k.n,...M k.m) с распределенными базами данных и обработкой данных, считываемых с чувствительных элементов (датчиков) в реальном масштабе времени.

Такая структура ИИС обеспечивает ряд преимуществ:

- расширение числа функций, реализуемых в системах;

- углубление и усложнение обработки считываемых с датчиков данных, направленные на увеличение информативности формируемых результатов при сокращении объемов хранения малоинформативных данных;

- развитие объемов числовой обработки данных на иерархических уровнях системы, в том числе на первом уровне, на котором реализуется предварительная обработка сигналов датчиков;

- организацию сетевого протокола обмена данными по каналам обмена информацией;

- сокращение числа каналов передачи аналоговой информации в пользу цифровых каналов, обеспечивающее снижение чувствительности систем к внешним помехам;

- обеспечение независимости метрологических характеристик каналов измерения от внешних каналов обмена информацией;

- увеличение объема и глубины самоконтроля систем.

Исследования были проведены для ИИС в составе 8 ФЭМ для контроля дифференциального давления, объема газа, электропроводности растворов, оптической плотности растворов, освещенности, индукции постоянного магнитного поля, ускорения, расстояния.