

9. Holmes H.R., DeRouin A., Wright S. Biodegradation and biocompatibility of mechanically active magnetoelastic materials // *Smart Mater. Struct.* – 2014. – Vol. 23. – P. 256-261.
10. Xing Q., Du Y., McQueeney R.J. Structural investigations of Fe–Ga alloys: phase relations and magnetostrictive behavior // *Acta Mater.* – 2008. – Vol. 56. – P. 4536–4546.
11. Quan Fu, Yuhui Sha, Fang Zhang, Lei Fan. Strong texture development and magnetostriction in recrystallized Fe<sub>81</sub>Ga<sub>19</sub> thin sheet // *Environmental and Biological Engineering* – 2015. – P. 1055–1059.
12. Zhao X., Mellors N., Lord D.G. Magnetomechanical performance of directionally solidified Fe–Ga alloys // *J. Appl. Phys.*

Мусса Авалдугубах (Чад),  
Губарев Федор Александрович (Россия)  
Томский политехнический университет, г. Томск  
Научный руководитель Губарев Федор Александрович,  
д-р тех. наук, ведущий научный сотрудник

## **ОПТОВОЛОКОННАЯ СИСТЕМА ДЛЯ ДИАГНОСТИКИ НЕОДНОРОДНОСТЕЙ БИОЛОГИЧЕСКИХ ТКАНЕЙ**

### **Ведение**

Оптическая визуализация быстро развивается в течение последних трех десятилетий и является одним из основных способов диагностики в ряде областей биологии и медицины. Трендом современной медицины являются портативные приборы и приборы для персонального использования. Особенно актуальна разработка приборов для проведения экспресс-диагностики травм вне лечебного или диагностического учреждения, в том числе в отдалённых районах или полевых условиях. Наиболее опасными повреждениями организма в результате аварий, несчастных случаев или в результате боевых действий являются повреждения головного мозга, а также внутренние кровотечения. В настоящее время обследование головного мозга для обнаружения повреждений или заболеваний проводится на аппаратах МРТ или КТ, однако данное оборудование является технически сложным, стационарным и имеется не во всех травматологических пунктах. Кроме того, методы на основе ионизирующих излучений небезопасны для пациентов, особенно для детей младшего возраста, беременных женщин и онкологических больных.

Диффузная оптическая томография (англ. Diffuse Optical Tomography, DOT) является современным и развивающимся методом диагностики и представляет существенный интерес благодаря неинвазивности и минимальному воздействию на организм [1]. Метод имеет преимущества перед другими методами диагностики, так как оптическая диагностика безопасна и позволяет проводить многократно исследования через малые промежутки времени. Малое время подготовки к исследованию, относительно несложная реализация и возможность создания портативного прибора дают основания полагать, что оптический томограф биологических тканей может быть реализован в виде портативного прибора, удобного в применении вне лечебного учреждения.

Цель данной работа является создание макета оптоволоконной системы на основе двух лазерных диодов и двух фотоприемников для обнаружения скрытых повреждений головного мозга.

### 1 Схема эксперимента

На рисунке 1 представлена структурная схема экспериментальной установки.

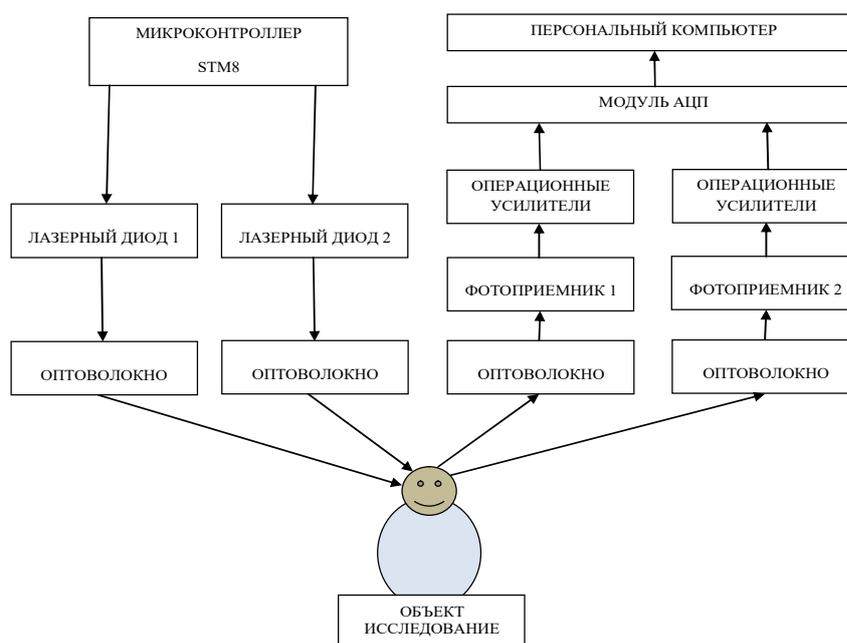
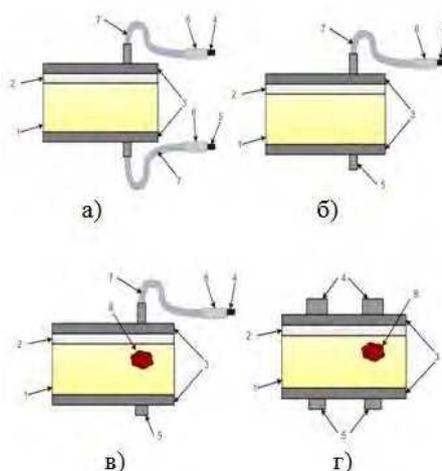


Рис. 1. Структурная схема опыта

Схема включает в себя микроконтроллер, который обеспечивает импульсный режим работы лазерных диодов и попеременное их включение. Используются лазерные диоды средней мощностью 100 мВт и длиной

волны 650 нм. Излучение лазерных диодов с помощью соединителей заводится в оптоволокно, которое передает его к объекту исследования. Для исследования пройденного через объект излучения второе оптоволокно крепится с противоположной стороны объекта. Излучение, принятое оптоволокном, передается через соединитель на фотоприемник (фотодиод ФД256). Так как сигнал, проходя через объект, ослабляется, его необходимо усилить для дальнейшей оцифровки, поэтому перед модулем АЦП/ЦАП E14-440 LCard подключаются операционные усилители (LM358). Для обработки информации используется персональный компьютер, к которому подключается модуль LCard.

На рисунке 2 приведены схемы экспериментов при исследовании объекта на просвет. Объект исследования (фантом) выбирался таким образом, чтобы его оптические свойства были схожи с оптическими свойствами черепа. Подобный фантом использовался ранее в работе [2]. В данном исследовании мозговая ткань имитировалась дисперсионной жидкостью на основе масляной эмульсии (майонез), кость имитировалась фторопластом. Оптическая неоднородность формировалась путем помещения сгустка свернувшейся крови под одним из источников излучения.



*Рис. 2. Схема эксперимента на просвет: а) с двумя оптоволоконками без оптической неоднородности; б) с одним оптоволоконком без оптической неоднородности; в) с одним оптоволоконком с оптической неоднородностью; г) без оптоволокон, с использованием двух излучателей, с оптической неоднородностью. 1 – емкость с дисперсионной жидкостью, 2 – пластина фторопласта, 3 – пенополиэтилен, 4 – источник излучения, 5 – приемник излучения, 6 – оптические соединители, 7 – оптоволокна, 8 – оптическая неоднородность*

## 2 Результаты экспериментов

При подаче и приеме излучения с помощью оптоволокну в исследовании на просвет (рисунок 2, а) регистрировался сигнал с достаточно малой интенсивностью (рисунок 3, а). При помещении оптической неоднородности, визуально наблюдалось свечение приемного оптоволокну, но сигнал фотоприемником зарегистрировать не удавалось, что связано с недостаточной чувствительностью приемника. В перспективе, с применением более чувствительного приемника позволит регистрировать неоднородности объекта. В частности, в работе [1] для приема сигналов использовался многоканальный фотомножитель.

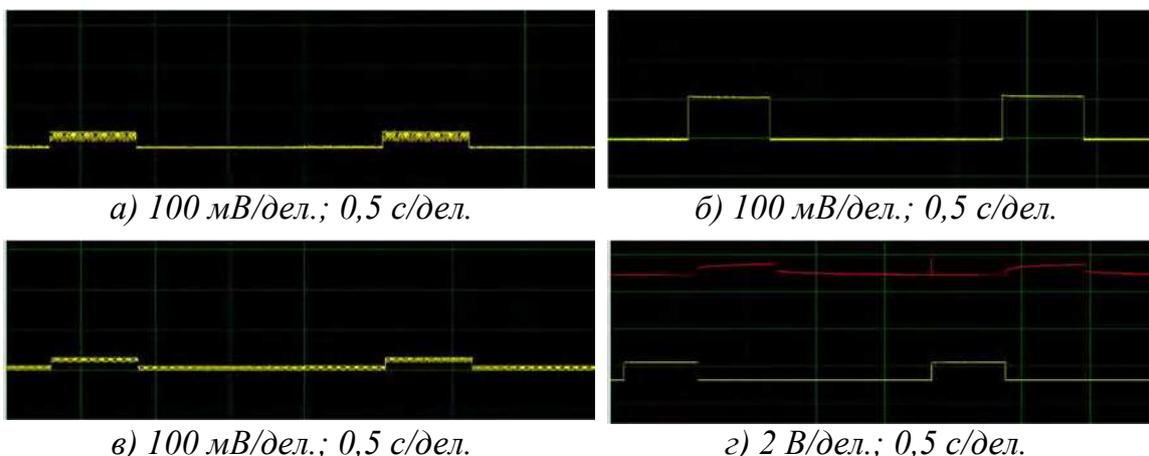


Рисунок 3 – Осциллограммы излучения, прошедшего через объект:

- (а) – без оптических неоднородностей в схеме на рисунок 2(а);
- (б) – без оптических неоднородностей в схеме на рисунок 2(б);
- (в) – с оптической неоднородностью в схеме на рисунок 2(в);
- (г) – с оптической неоднородностью в схеме на рисунок 2(г)

В следующих опытах для приема сигнала использовался фотоприемник без оптоволокну (рисунок 2, б). При исследовании объекта с оптической неоднородностью (рисунок 2, в) видно на рисунке 8, что принятый сигнал уменьшился по сравнению с сигналом, прошедшим через объект без оптической неоднородности (рисунок 2, б), что связано с поглощением части излучения свернувшейся кровью.

При поочередном освещении исследуемого объекта двумя лазерными диодами (рисунок 2, г), получились осциллограммы, представленные на рисунке 3, г. Видно, что сигнал на первом фотоприемнике меньше, чем на втором, что соответствует наличию оптической неоднородности, на которой рассеивается лазерное излучение.

### **Заключение**

В данной работе разработан макет оптоволоконной системы для диагностики скрытых повреждений головного мозга. Данный метод не только безопасен для пациентов имеет меньшую стоимость по сравнению с традиционными методами, но также он дает возможность создания портативного прибора.

При проведении опытов с использованием оптической неоднородностью (сгусток свернувшейся крови) было обнаружено, что амплитуда сигнала уменьшается по сравнению с сигналом, снятым с участка исследуемого объекта без оптической неоднородности.

Продолжением работы станет разработка многоканальной оптической системы с совмещенным вводом/выводом излучения с целью реализации принципов оптической томографии. Кроме того, в дальнейшей работе необходимо использовать более чувствительные фотоприемники и по возможности вводить излучения с помощью специализированных «заводских» соединителей, чтобы уменьшить потери.

### **СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. Gilberto V. The development and evaluation of head probes for optical imaging of the infant head: thesis ... Ph. D. / Gilberto Branco. – London, 2007. – 206 p.
2. Тимченко К. А. Разработка фантома головы для решения задачи черепно – мозговых травм оптическими методами / К. А. Тимченко, А. П. Новосельцева, А. А. Аристов // Современные техника и технологии. – 2015. – с. 299-301.
3. Василевская Е. С., Казаков В. Ю Разработка оптоволоконного датчика перемещения// Молодежь и современные информационные технологии: Труды XII Международная научно-практическая конференция студентов, аспирантов и молодых ученых. – Томск, 2014. –Т. 1. –С. 204–205.
4. Захаров, В.П. Повышение информативности оптической когерентной томографии при диагностике кожных патологий [Текст] / В.П. Захаров, К. Ларин, И.А. Братченко // Вестник СГАУ, 2011. – № 2. – С. 232 – 239.