

9. Shvartsman L.D., Fine I. RBC Aggregation Effects on Light Scattering from Blood // Proc. SPIE. – 2000. – V. 4162. – P. 120–129.
10. Fine I., Fikhte B., Shvartsman L.D. RBC aggregation assisted light transmission through blood and occlusion oximetry // Proc. SPIE. – 2000. – V. 4162. – P. 130–140.
11. Borovoi A.G., Naats E.I., Oppel U.G. Scattering of light by a red blood cell // J. Biomed. Opt. – 1998. – № 3. – P. 364–372.
12. Тучин В.В. Исследование биотканей методами светорассеяния // Успехи физических наук. – 1997. – Т. 167. – № 5. – С. 517–539.
13. Лойко В.А., Бредник В.В. Рассеяние света в дисперсных слоях с высокой концентрацией оптически мягких частиц // Оптика и спектроскопия. – 2003. – Т. 95. – № 5. – С. 855–862.
14. Понявина А.Н. Селекция оптического излучения при рассеянии в частично упорядоченных дисперсных средах // Журнал прикладной спектроскопии. – 1998. – Т. 65. – № 5. – С. 721–733.
15. Казаков В.Н., Синяченко О.В., Файнерман В.Б. Межфазная тензиометрия биологических жидкостей: вопросы теории, методы и перспективы использования в медицине // Архив клин. эксперим. мед. – 1998. – Т. 7. – № 1. – С. 5–12.
16. Hrnčič E., Rosina J. Surface tension of blood // Physiol. Res. – 1997. – V. 46. – № 4. – P. 319–321.
17. Яхно Т.А. и др. Белок и соль: пространственно временные события в высыхающей капле // Журнал технической физики. – 2004. – Т. 74, вып. 8. – С. 100–108.
18. Deegan R.D. et al. Contact line deposits in an evaporating drop // Physical Review E. – 2000. – V. 62. – № 1. – P. 756–765.

УДК 616.3

## ДИАГНОСТИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС ОПТИКО-ЭЛЕКТРОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ИНФРАКРАСНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ

С.В. Гюнтер, В.Ф. Вотяков, В.К. Жуков, Г.Ц. Дамбаев\*

Томский политехнический университет

E-mail: guntersv@inbox.ru

\*Сибирский государственный медицинский университет

*Предложен оптико-электронный диагностический комплекс, используемый для исследования функциональных заболеваний пищевода. В основе новой методики лежит зондирование с применением инфракрасного излучения. Показано, что созданный оптико-электронный диагностический комплекс может быть эффективным дополнительным средством при исследованиях перистальтической функции органов желудочно-кишечного тракта.*

### Введение

Распознавание заболеваний органов пищеварительной системы представляет большие, порой непреодолимые трудности. Вместе с тем успех лечения, в первую очередь, зависит от своевременного выявления функциональных нарушений тканей органов желудочно-кишечного тракта (ЖКТ).

Заболевания в стадии функциональных расстройств интересуют сейчас не только врачей, но и пациентов, ибо успех оперативного лечения зависит от ранней диагностики заболевания и, наиболее ценным, является диагностика органов ЖКТ в функциональном аспекте [1].

Функциональные заболевания исследуемых органов по существу являются расстройствами их двигательной функции, многие из которых сопутствуют другим заболеваниям. В современной медицине для исследования заболеваний ЖКТ имеется множество диагностических методов, позволяющих наблюдать либо регистрировать особенность изменений стенок полых органов [2].

Существующие методы исследования позволяют наблюдать лишь довольно узкий спектр перистальтических изменений. Такие методы, как рентгенографический, радиотелеметрический и эзофагонаметрический малоинформативны. Методы

ультразвуковой диагностики и внутрипищеводной реографии недостаточно точны. Поэтому разработка метода, характеризующего более высокую степень информативности, надёжности, точности и, конечно, быстродействия, имеет большое значение для практической медицины [3].

Выявление перистальтики чрезвычайно актуально при диагностике функциональных заболеваний в клинической практике.

### Оптико-электронный диагностический комплекс

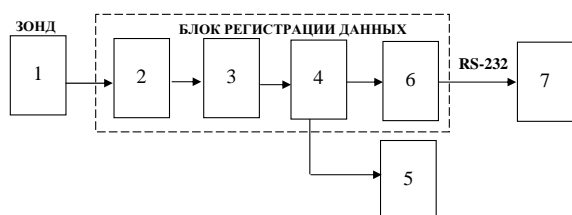
Комплекс, предназначенный для регистрации функциональных нарушений пищевода, состоит из трёх основных частей и представлен на структурной схеме (рис. 1).

- оптоэлектронный зонд;
- электронный блок;
- регистрирующее устройство.

На рис. 2 представлена диагностическая система в виде оптико-электронного комплекса и персонального компьютера.

Оптоэлектронный зонд, рис. 3, представляет собой прозрачную гибкую силиконовую трубку. Материал внешней оболочки зонда не оказывает вредного воздействия на стенки тканей исследуемого

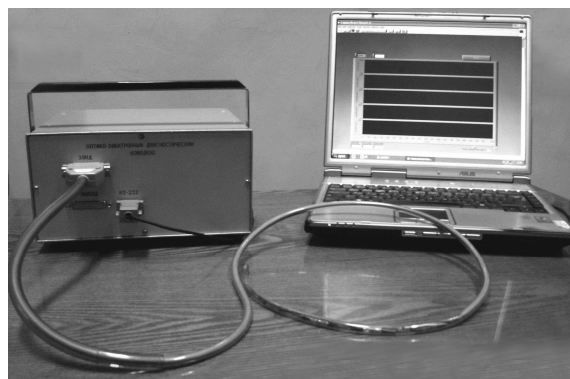
органа. Диаметр зонда (7 мм), является наиболее оптимальным для исследования функциональных нарушений органов ЖКТ. Общая длина около 1 м, рабочая часть длиной 300 мм. В рабочей части зонда располагаются 5 пар оптических преобразователей, представляющих собой систему, состоящую из двух светодиодов типа АЛ-107Б, работающих в ближнем спектре инфракрасного (ИК) излучения (940...980 нм). Один из светодиодов является источником, а другой приёмником ИК излучения. Оптоэлектронная пара преобразователей расположена на расстоянии 60 мм друг от друга, т.к. данное расстояние является оптимальным для получения диагностируемой информации исследуемого органа по всей его длине. Между оптопарами располагается шарик с матовой поверхностью, способствующей равномерному рассеянию ИК излучения.



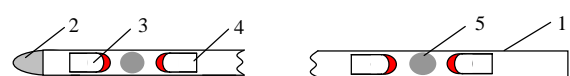
**Рис. 1.** Структурная схема оптоэлектронного комплекса: 1) оптоэлектронный зонд; 2) повторитель; 3) усилитель; 4) фильтр низких частот; 5) самопишущее устройство; 6) аналого-цифровой преобразователь; 7) персональный компьютер

Работа оптоэлектронного диагностического комплекса заключается в следующем. Зонд вводят в полость пищевода; сигнал, излучаемый ИК-источником излучения, отражается от стенок исследуемого органа. Сокращение стенок вызывает изменение интенсивности отраженного светового потока,

которое регистрируется с помощью ИК-приемников, и передается в блок регистрации данных.



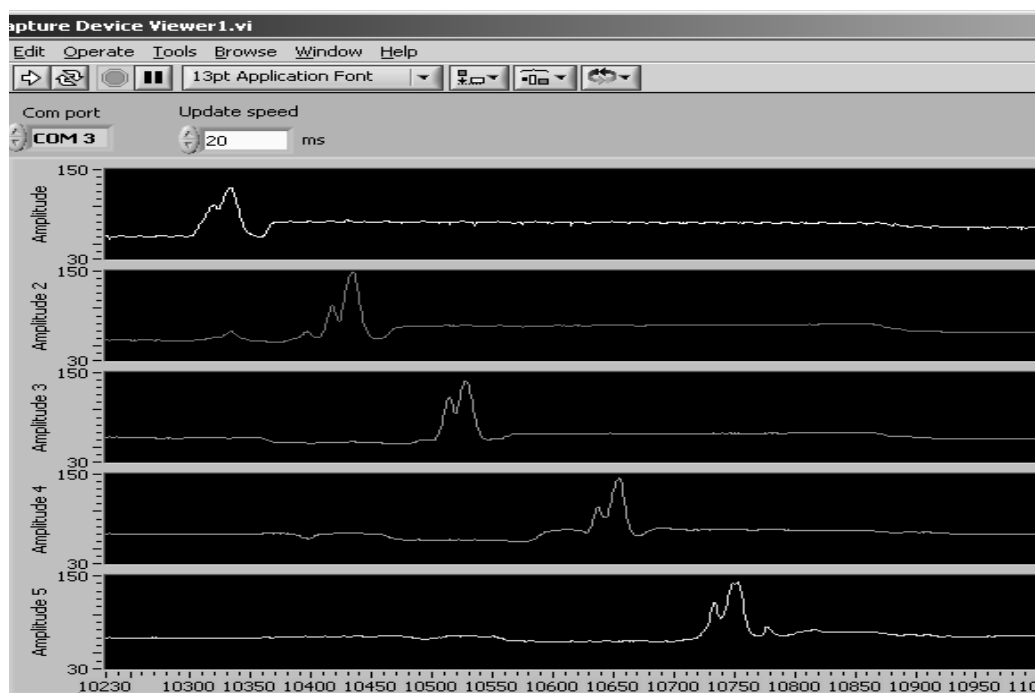
**Рис. 2.** Оптоэлектронный диагностический комплекс



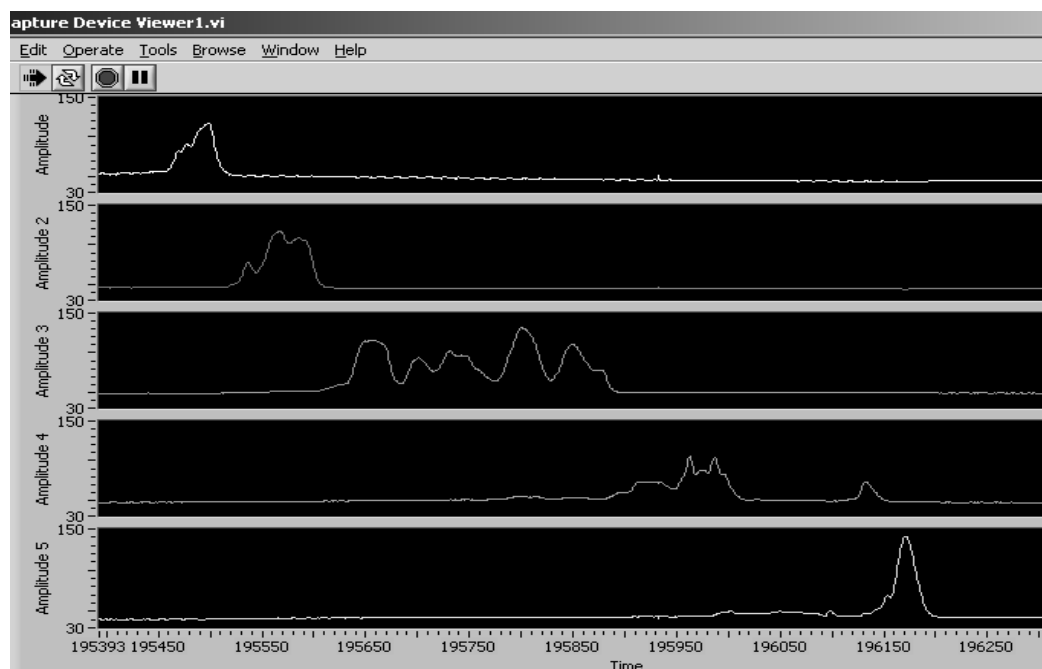
**Рис. 3.** Оптоэлектронный зонд: 1) силиконовая трубка; 2) накопчик; 3) источник излучения; 4) приемник излучения; 5) светорассеиватель (шарик с матовым покрытием)

Блок регистрации данных оптоэлектронного диагностического комплекса состоит из повторителя, усилителя, фильтра низких частот и аналого-цифрового преобразователя (АЦП). В задачу электронного блока входит обработка информации, поступающей с ИК приёмников оптоэлектронных пар. Сигнал подвергается аналоговой обработке, после чего передается как на самопишущее устройство, так и через АЦП по последовательному интерфейсу RS-232 на персональный компьютер.

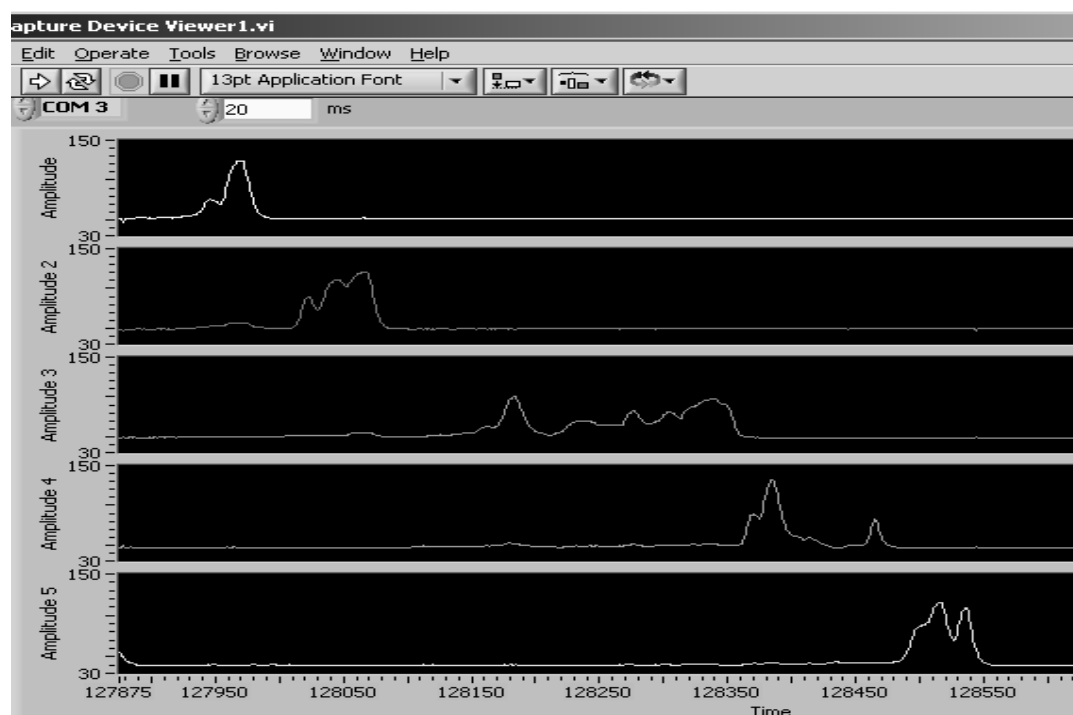
Благодаря графической системе программирования на уровне функциональных блок-диаграмм



**Рис. 4.** Перистальтика пищевода в норме



а



б

Рис. 5. Нарушенная работа перистальтики пищевода при: а) первичной; б) повторной диагностике

LabView 6.0, данные визуализируются в удобной форме для пользователя. Применение программы LabView 6.0 существенно упрощает и делает оптико-электронный измерительный комплекс более универсальным. Запись больших массивов данных позволяет запоминать результаты эксперимента, что даёт возможность проводить ретроспективный анализ и статистическую обработку полученных данных. Имеется возможность масштабирования изображения, сохранения данных исследования и информации о пациенте в файле.

Методика регистрации оптико-электронным методом исследования открывает такие возможности, как:

- регистрация колебаний небольших сегментов исследуемого органа;
- графическое определение перистальтической функции.

На рис. 4 представлены результаты исследований перистальтики здорового пищевода в виде диаграммы сигналов с пяти идентичных оптоэлек-

тронных пар, наблюдаемых на мониторе персонального компьютера. Как видно из представленных рисунков, сигнал регистрируется с каждой оптопары с временным сдвигом по оси X и степенью сжатия стенок пищевода по оси Y.

Перистальтика пищевода на 3-ем и 4-ом каналах (рис. 5) оптико-электронного зонда соответствует средней и нижней части грудного отдела исследуемого органа. Заключение исследований – перистальтика пищевода нарушена, т.к. наблюдается хаотичная, нехарактерная для нормы, реакция стенок на данном участке исследуемого органа.

На примере одного из обследованных больных четко подтверждается диагноз дисфагии пищевода,

закрывающийся в недостаточной перистальтической работе стенок на конкретном уровне исследуемого органа. С помощью диаграмм определен участок, обладающий этим функциональным нарушением.

#### Заключение

Как показали проведенные исследования, разработанный оптико-электронный диагностический комплекс способен четко выявлять функциональные нарушения пищевода и может быть эффективным дополнительным инструментом для регистрации таких патологий, как кардиоспазм и ахалазия кардии, кардиальная грыжа пищеводного отверстия диафрагмы, рефлюкс-эзофагит и др.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Черноусов А.Ф., Богопольский П.М., Курбанов Ф.С. Хирургия пищевода. – М.: Медицина, 2000. – 353 с.
2. Сакс Ф.Ф., Байтингер В.Ф., Медведев М.А., Рыжов А.И. Функциональная морфология пищевода. – М.: Медицина, 1987. – 172 с.

3. Gunther S.V., Votyakov V.F., Grekhov I.S. System for investigation of functional abnormalities of esophagus // Works of the 9<sup>th</sup> Intern. Scientific and Practical Conf. of Students, Post-graduates and Young Scientists. – Tomsk, 2003. – P. 152–154.

УДК 621.317.757

## НЕЛИНЕЙНАЯ РЕФЛЕКТОМЕТРИЯ С ПРИМЕНЕНИЕМ ВИДЕОИМПУЛЬСНЫХ ТЕСТОВЫХ СИГНАЛОВ

Э.В. Семёнов

Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники  
E-mail: edwardsemyonov@narod.ru

*Приведены результаты экспериментальных исследований по зондированию видеоимпульсными сигналами линии передачи, содержащей линейную и нелинейную неоднородности. Показано, что использованная характеристика нелинейности преобразования сигналов позволяет различать характер неоднородностей (линейная или нелинейная) с применением видеоимпульсных тестовых сигналов и определять расстояние до нелинейной неоднородности.*

#### Введение

Рефлектометрия с применением видеоимпульсных тестовых сигналов позволяет получить информацию о наличии неоднородностей в линии передачи, расстоянии до них и характере их импеданса. При использовании синусоидальных тестовых сигналов исследуют нелинейность преобразования сигналов неоднородностями в линии передачи (в качестве примера приведем прибор для исследования проводных линий «Визир»). Нелинейные свойства проявляют полупроводниковые элементы [1], а также дефекты линии передачи, представляющие собой контакты металл-окисел-металл [2]. Представляет интерес использование видеоимпульсных тестовых сигналов и для исследования нелинейности преобразования сигналов неоднородностями. В [3, 4] рассмотрен метод исследования нелинейности преобразования сигналов объектом, допускающий использование видеоимпульсных тестовых сигналов.

Цель данной статьи – рассмотреть применение метода [3] для исследования нелинейности преобразования сигналов неоднородностями в линии передачи с использованием видеоимпульсных тестовых сигналов.

#### 1. Метод исследования

За основу возьмем метод [3]. Метод включает последовательное воздействие на исследуемый объект двумя тестовыми сигналами  $x_1(t)$  и  $x_2(t)$ , один из которых является линейным преобразованием другого:

$$X_2(\omega) = K_1(\omega)X_1(\omega), \quad (1)$$

где  $X_1(\omega)$  и  $X_2(\omega)$  – спектры тестовых сигналов,  $K_1(\omega)$  – известная или заданная функция. Характеристика нелинейности  $\varepsilon(t)$  преобразования сигналов определяется по формуле [3]:

$$\varepsilon(t) = u_1(t) - F^{-1}[K_1^{-1}(\omega)] * u_2(t),$$

где  $F^{-1}$  – обратное преобразование Фурье,  $u_1(t)$  и  $u_2(t)$  – отклики объекта на тестовые сигналы  $x_1(t)$  и  $x_2(t)$  соответственно, \* – символ свертки.