

Система датчиков офтальмопневмовазотонометра

А.В. Гуцин, И.Р. Мироманова

Волгоградский государственный медицинский университет

Аннотация: Представлены результаты разработки сенсорной подсистемы офтальмопневмовазотонометра, предназначенного для измерения внутриглазного давления, исследования передних цилиарных артерий и измерения показателей. После выявления конструктивных особенностей прибора была предложена структурная схема, электрическая схема подсистемы, выполнена трехмерная модель прибора, рассмотрены технические характеристики отдельных элементов. Приведены краткие выводы по проделанной работе, а также обозначены перспективы развития проекта.

Ключевые слова: офтальмопневмовазотонометр, внутриглазное давление, пневматическая система, датчики, дальнометры, видеокамеры.

Актуальность. Исследование давления в передних цилиарных артериях востребовано практическим здравоохранением, т.к. позволяет повысить качество диагностики многих заболеваний органа зрения [1, 2]. Все известные прототипы разрабатываемого устройства предназначены для контактного измерения давления в передних цилиарных артериях [3-5]. Принцип бесконтактного измерения реализован для измерений внутриглазного давления, но не для измерения давления крови в передних цилиарных артериях [6-8]. Разрабатываемый прибор позволит снизить травмоопасность исследования, повысить удобство и скорость работы с прибором. Результаты анализа общего уровня техники в данной области свидетельствуют о том, что разрабатываемый прибор технологически доступен для изготовления по конкурентоспособной цене [9-12].

Прибор основан на принципе видеорегистрации изменений состояния объекта передних цилиарных артерий глаза (ПЦА) в исходном состоянии и при воздействии на них струи воздуха известного давления с известного расстояния. Это расстояние может быть измерено с помощью ультразвукового дальнометра. В точке воздействия воздушной струи происходит изменение состояния ПЦА в виде их полного или частичного

сдавливания. Зная давление воздействующей струи воздуха, можно получить информацию о систолическом и диастолическом давлении крови в ПЦА, о характеристиках пульсовой волны в ПЦА и о механических свойствах стенок ПЦА.

Из сказанного вытекает **цель работы**: разработка системы датчиков офтальмопневмовазотонометра.

Представленное выше функциональное назначение требует наличия в приборе следующих блоков и модулей (рис. 1):

- Центральный процессор;
- Пневматический компрессор;
- Ультразвуковой датчик;
- Блок видеокамеры;
- Блок органов управления и индикации;
- Блок питания.

Блоком управления офтальмопневмовазотонометром является микропроцессорный блок (6). В сенсорную систему ОПВТ входит блок УЗ-дальномера (5), служащий для определения расстояния от измерительной головки прибора до поверхности глаза. Видимая картина состояния сосудов глаза в исходном состоянии и при воздействии струи сжатого воздуха передается в микропроцессорный блок (6) с модуля видеокамеры (8). Необходимый для работы видеокамеры (8) уровень освещенности рабочего поля обеспечивается осветителем рабочего поля (7). Для взаимодействия с оператором используется блок органов управления (1).

Таким образом, блоки и модули, представленные на данной структурной схеме позволяют производить автоматизированную оценку исходного состояния передних цилиарных артерий и изменения этого состояния, вызываемые дозированным воздействием струи сжатого воздуха. Степень выраженности этих изменений находится в зависимости от

состояния сосудистой системы глаза, что и обуславливает ценность данного прибора как измерительного инструмента.

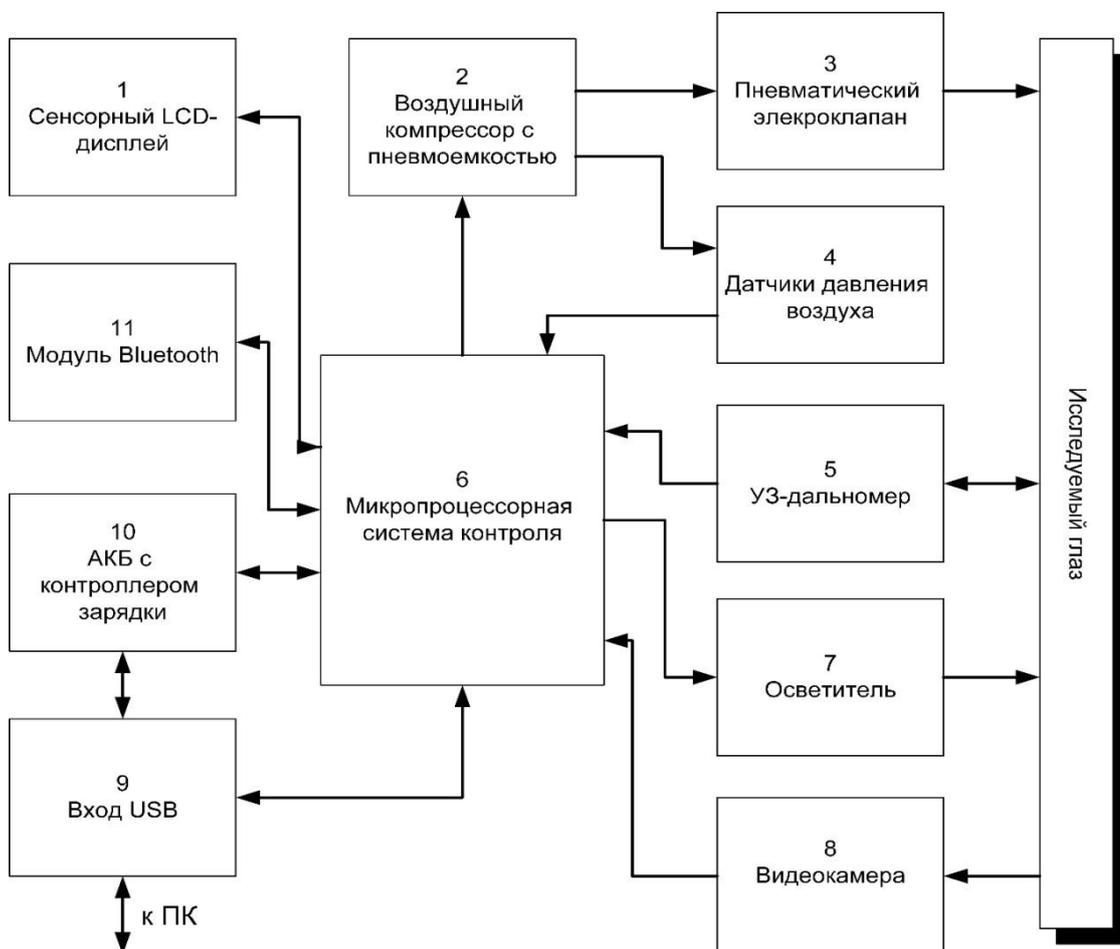


Рис. 1. – Структурная схема прибора

После создания структурной схемы подсистемы была сделана электрическая схема (рис. 2).

В данной схеме используется ультразвуковой дальномер HC-SR04. Устройство состоит из двух пьезоизлучателей, один из них служит излучателем ультразвукового импульса, а второй – приёмником. Для подключения устройство имеет 4-х контактный разъём, 2 из которых – питание, остальные два используются для подключения с микроконтроллером.

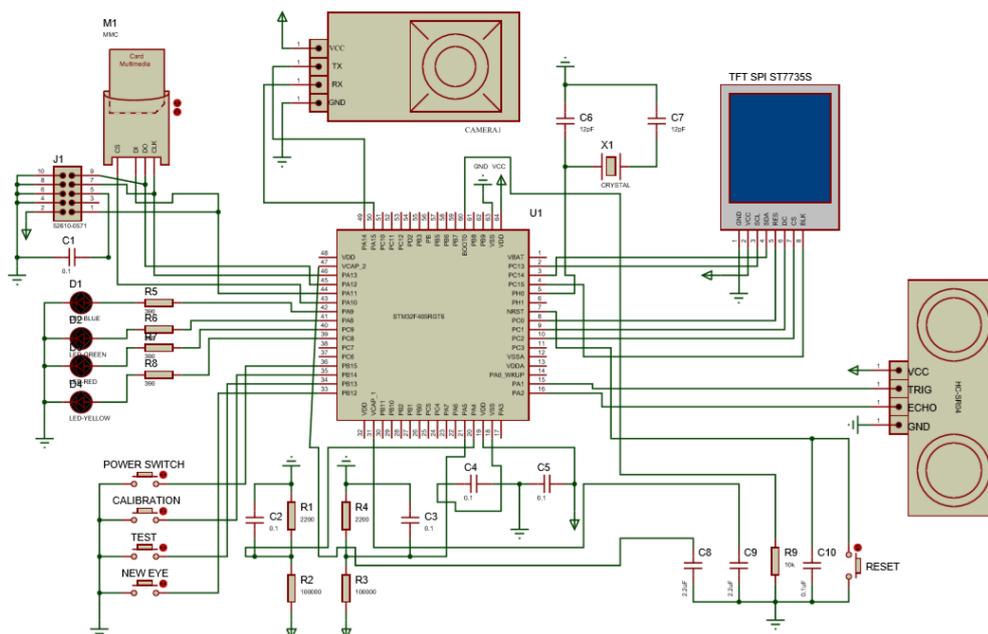


Рис. 2. – Электрическая принципиальная схема прибора

Основные характеристики УЗ-модуля HC-SR046: рабочее напряжение постоянного тока 5В; рабочий ток 15мА; рабочая частота - 40Гц; максимальная дальность - 4м; минимальная дальность - 2 см; выходной сигнал эха, входной сигнал рычага TTL и диапазон в пропорции; размер 45 * 20 * 15 мм. Они определяют пригодность данного изделия для использования в данной конструкции.

Ввиду необходимости выводить видеоизображение на экран, из имеющихся на рынке был выбран дисплей TFT SPI ST7735S с цветной графической матрицей, на которую можно будет выводить видео с камеры для оператора. Одним из аппаратных компонентов является модуль видекамеры ITC-M-328 (C328) – CMOS камера (OV7640) с чипом JPEG-компрессии (OV528) с последовательным интерфейсом, что позволяет подключить его непосредственно к UART микроконтроллера. Серийный мост OV528 - это плата контроллера, которая передает изображения с микросхем камеры на внешние устройства. OV528 забирает 8-битные

прогрессивные видеоданные формата YCbCr 422 с платы камеры OV7640. Интерфейс камеры синхронизируется с входящими видеоданными и осуществляет субдискретизацию, фиксацию и кадрирование требуемого разрешения, а также преобразование цвета, которые запрашиваются пользователем при помощи хост-команд через серийную шину. JPEG CODEC с варьируемыми настройками качества может обеспечивать более высокую степень сжатия и лучшее качество изображения для различных разрешений. Такие характеристики обеспечивают пригодность данного модуля для использования в устройстве.

В данной схеме используется микроконтроллер серии STM32F405RGT6, поскольку он обладает следующими свойствами: основан на высокопроизводительном ядре ARM Cortex-M4 32 бит; работает на частоте до 168 МГц; данное семейство имеет встроенную высокоскоростную память (FLASH память до 1 Мбайт и 192 Кбайт RAM); количество входов/выходов – 51; напряжение питания – 1.8...3.6 В; наличие АЦП/ЦАП - ацп 16x12b/цап 2x12b; встроенные интерфейсы - can, i2c, irda, lin, spi, uart, usbotg; встроенная периферия - brown-outdetect/reset, dma, i2s, lcd, por, pwm, wd. На основании электрической схемы было выполнено проектирование печатной платы устройства (рис.3).

Для электропитания устройства служит АКБ, состояние заряда которой контролируется процессором. Зарядка АКБ и проводная связь с ПК осуществляется через вход USB (6). Также на приборе расположен блок органов управления, состоящий из четырех кнопок (2,3,4,5): 2 – включение и выключение питания; 3 – калибровка; 4 – тест; 5 – новый глаз.

Такое решение блока управления обеспечивает тактильную связь оператора с устройством, позволяя управлять им на ощупь, не отвлекаясь от процесса выполнения измерений. Это позволяет повысить производительность труда оператора.

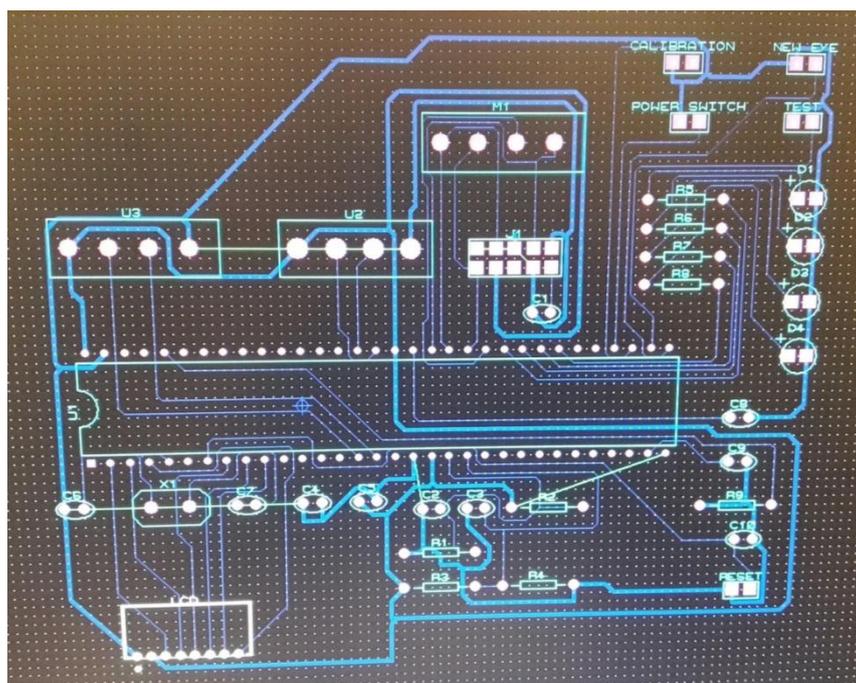


Рис. 3. – Печатная плата основного блока электронных компонентов устройства

Следующим этапом разработки было создание трехмерной модели корпуса разрабатываемого устройства. На рис. 4 представлена модель прибора со стороны пациента.

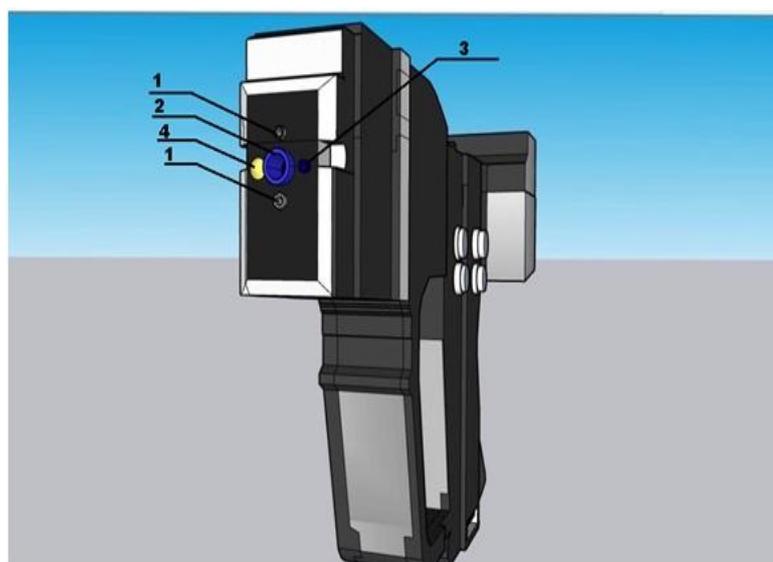


Рис. 4. – Общий вид устройства со стороны пациента

В сторону пациента обращен рабочий блок прибора, состоящий из датчиков (1-5), сгруппированных максимально плотно, чтобы минимизировать параллактические искажения получаемых данных. Внешний вид прибора со стороны исследователя представлен на рис. 5.

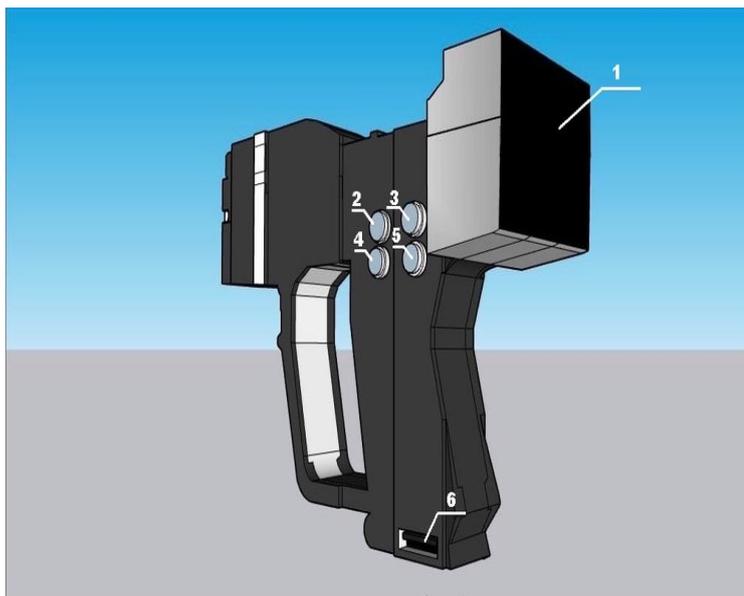


Рис. 5. – Общий вид устройства со стороны исследователя

Так, к исследователю обращен LCD-экран прибора (1) и органы управления. В нижней части корпуса размещено гнездо USB (6).

Заключение. Разработана сенсорная подсистема аппаратно-программного комплекса для глазной пневмовазотонометрии, сочетающего в себе функции измерения гемодинамики в передних цилиарных артерий и уровня внутриглазного давления. В дальнейшем планируется разработка актуаторных блоков и модулей устройства и его клинические испытания.

Литература

1. Бунин А.Я., Канцельсон Д.А., Яковлев А.А. Микроциркуляция глаза – М.: Медицина. 1984.-176с.
 2. Басинский С.Н. Теоретические и клинические аспекты исследования гемодинамики глаза методами офтальмосфигмографии и реоофтальмографии // Вестн. Офтальмол. - 1990. – N 5. – С. 33-37.
 3. Гндоян И.А. Вазотонометрия в эписклеральных сосудах – клинический метод исследования кровообращения переднего сегмента глаза // Глаукома. – 2006. - № 1. – С. 58-63.
 4. Петраевский, А.В., Гндоян, И.А., Куштарева, Л.Б. Локальные нейроциркуляторные и трофические изменения в переднем сегменте глаза при псевдоэкзофолиативном синдроме (сообщение I) // Общество офтальмологов России МНТК «Микрохирургия глаза» им. акад. СН Федорова. 2008. № 5, с.39.
 5. Гндоян И.А., Никитин А.В., Овчинников Л.Г., Шинкаренко Т.Н Пат. 2345700 Российская Федерация, МПК А61В3/16. Автоматизированный компьютерный вазотонометр для измерения давления крови в передних цилиарных сосудах глаза / заявитель и патентообладатель ГБОУ ВПО «Волгоградский государственный медицинский университет». - № 2007108624/14; опубл. 10.02.2009. – Изобретения и полезные модели. – Бюл. №4.
 6. Трофимов В. А., Нагибин Ю. Т., Шванова М. Л. Бесконтактный пневмооптический метод измерения внутриглазного давления // Известия высших учебных заведений. Приборостроение. – 2012.— № 3.— С. 47-50.
 7. Shields M. B. The non-contact tonometer. Its value and limitations //Survey of ophthalmology. – 1980. – Т. 24. – №. 4. – С. 211-219.
-

8. Mercer R. N. et al. Comparison of corneal deformation parameters in keratoconic and normal eyes using a non-contact tonometer with a dynamic ultra-high-speed Scheimpflug camera // Journal of Refractive Surgery. – 2017. – Т. 33. – №. 9. – С. 625-631.
9. Голенков А.К. Давление в эписклеральных сосудах глаза //Вопросы нейроофтальмологии. – Харьков, 1963. – Т.11-12 – С.113-124.
10. Гуцин А.В. Мобильное устройство для фотоофтальмоскопии // Инженерный вестник Дона. - 2018. №3. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n3y2018/5211
11. Гуцин А.В. Устройство для бесконтактного измерения давления в передних цилиарных артериях глаза // Инженерный вестник Дона. - 2018. №3. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n3y2018/5202
12. Краснов М.М., Шульпина Н.В. Терапевтическая офтальмология. – М., 1985. – 360с.

References

1. Bunin A.Ya., Kantsel'son D.A., Yakovlev A.A. Mikrotsirkulyatsiya glaza [Eye Microcirculation], М.: Meditsina. 1984. 176 p.
2. Basinskiy S.N. Vestn. Oftal'mol. 1990. № 5. pp. 33-37.
3. Gndoyan I.A. Glaukoma. 2006. № 1. pp. 58-63.
4. Petraevsky, A.V., Gndoyan I.A, Kushtareva L.B. Russian Ophthalmological Society ITSC «Eye Microsurgery». 2008. № 5, p.39.
5. Gndoyan I.A., Nikitin A.V., Ovchinnikov L.G., Shinkarenko T.N. Avtomatizirovanny komp'yuternyy vazotonometr dlya izmereniya davleniya krovi v perednikh tsiliarnykh sosudakh glaza [Automated computerized vasotonometer for blood pressure measurement in anterior ciliary arteries of the eye]. Pat. Rus. № 2345700.
6. Trofimov V. A. Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedeniy. Priborostroenie. 2012. № 3. pp. 47-50.10.



7. Shields M. B. Survey of ophthalmology. 1980. Т. 24. №. 4. pp. 211-219.
8. Mercer R. N. et al. Journal of Refractive Surgery. 2017. Т. 33. №. 9. pp. 625-631.
9. Golenkov A.K. Voprosy neyrooftal'mologii. Khar'kov, 1963. V.11-12. pp. 113-124.
10. Gushchin A.V. Inzhenernyj vestnik Dona, 2018, №3. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n3y2018/5211
11. Gushchin A.V. Inzhenernyj vestnik Dona, 2018, №3. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n3y2018/5202
12. Krasnov M.M., Shul'pina N.V. Terapevticheskaya oftal'mologiya. [Therapeutic ophthalmology] M., 1985. 360p.