

О. В. Абросимова, А. Ю. Тычков, П. П. Чураков

## РАЗРАБОТКА ИНФОРМАЦИОННО-ИЗМЕРИТЕЛЬНОГО УСТРОЙСТВА РЕГИСТРАЦИИ АРТЕРИАЛЬНОГО ДАВЛЕНИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МАНЖЕТЫ С АВТОМАТИЧЕСКИМ ЗАПЯСТНЫМ КОНТУРОМ

**Аннотация.** *Актуальность и цели.* Предметом настоящего исследования являются информационно-измерительные устройства регистрации артериального давления, способные повысить быстродействие и точность измерения артериального давления посредством применения новых методов и модулей устройств. *Материалы и методы.* В работе предложена новая схема реализации информационно-измерительного устройства регистрации артериального давления с использованием манжеты с автоматическим запястным контуром, способного повысить оперативность и эффективность регистрации артериального давления, в том числе в условиях свободной двигательной активности пациента. *Результаты.* Проведены экспериментальные исследования работы устройства и доказана перспективность его реализации в медицинских учреждениях различного профиля. Разработанное информационно-измерительное устройство регистрации артериального давления может применяться в медицинских учреждениях в качестве самостоятельного устройства и в комплексе, осуществляющем полный контроль и диагностику состояния пациента. *Выводы.* В ходе выполнения работы и проведения эксперимента выявлено новое решение реализации информационно-измерительных устройств регистрации артериального давления, позволяющее эффективным образом оценивать и анализировать уровень точности, надежности и стабильности воспроизводимых результатов измерений.

**Ключевые слова:** информационно-измерительное устройство регистрации артериального давления, манжета с автоматическим запястным контуром, система обработки информации.

О. В. Abrosimova, A. Yu. Tychkov, P. P. Churakov

## DEVELOPMENT OF AN INFORMATION-MEASURING DEVICE OF BLOOD PRESSURE REGISTRATION USING CUFFS WITH AUTOMATIC CARPAL CIRCUIT

**Abstract.** *Background.* The subject of this research is the information-measuring devices registering blood pressure, capable of improving the speed and accuracy of blood pressure measurement due to application of new techniques and devices' modules. *Materials and methods.* The authors suggest a new scheme of implementation of the information-measuring device of blood pressure registration using the cuffs with automatic carpal circuits capable of improving the speed and efficiency of registration of blood pressure, including the conditions of free moving activity of a patient. *Results.* The researchers conducted experimental studies of the device and proved the perspectives of its implementation in medical institutions in various fields. The developed information-measuring device of blood pressure registration can be applied in health care institutions, as an independent unit and in the complex realizing complete monitoring and diagnosis of a patient. *Conclusions.* In the course of works and the experiment the authors found a new solution of implementation of the information-measuring devices of blood pressure registration, allowing effective as-

assessment and analysis of the level of accuracy, reliability and stability reproducible measurement results.

**Key words:** information-measuring device of blood pressure registration, cuff with automatic carpal circuit, system of information processing.

### **Введение**

Быстрые темпы развития электроники, средств персональной связи, вычислительной техники, пассивных детекторов физиологического состояния, а также активных средств самолечения способствуют развитию информационно-измерительных устройств контроля состояния здоровья [1].

Одно из важных направлений развития устройств регистрации физиологических сигналов является изменение подхода к обеспечению здоровья путем проведения мониторинга человеком собственной физиологии и измерение важнейших показателей жизнедеятельности.

Среди важнейших показателей состояния здоровья наиболее значимым остается артериальное кровяное давление человека (АД). АД – величина, показывающая значение силы и давления крови в сердце [2].

Известно, что работа информационно-измерительных устройств регистрации АД протекает в 4 этапа (рис. 1) [2]. Перед подачей воздуха в манжету срабатывает звуковой сигнализатор и выполняется закачка воздуха в манжету до момента возникновения акустических колебаний. При этом давление в артерии становится немного выше давления в манжете (рис. 1, этап 2). Последующее снижение давления в манжете приводит к усилению потока крови через сжатый участок артерии. При усилении колебаний стенки артерии звуки становятся громче и добавляются шумы и артефакты, обусловленные вихревым движением крови. Дальнейшее снижение давления в манжете и уменьшение степени сужения артерии приводит к исчезновению шумов. На третьем этапе измерения АД осуществляется постепенное ступенчатое стравливание воздуха в манжете до момента нарастания звуковых явлений. В эту фазу давление остается выше диастолического. На этом этапе определяется систолическое АД. Когда давление в манжете становится равным диастолическому, препятствия для кровотока прекращаются. Таким образом, на четвертом этапе определяется значение диастолического АД.

Из описанного процесса работы информационно-измерительных устройств регистрации АД следует, что эффективность их работы зависит от технико-метрологических характеристик, отвечающих за взаимосвязь субъекта и объекта измерения, и наилучшего варианта аппаратной конфигурации.

**Цели данной работы:** проведение критического анализа работы известных информационно-измерительных устройств регистрации АД; разработка новой схемы реализации устройства с использованием манжеты с автоматическим запястным контуром; проведение экспериментальных исследований их работы.

### **1. Аналитический обзор известных устройств регистрации АД**

Современные устройства измерения АД используются для контроля и диагностики состояния человека в медицинских или спортивных целях или для предупреждения о физических или эмоциональных перегрузках организма человека в различных условиях его жизнедеятельности.

На сегодня существует большое количество разнообразных устройств, позволяющих проводить регистрацию АД.

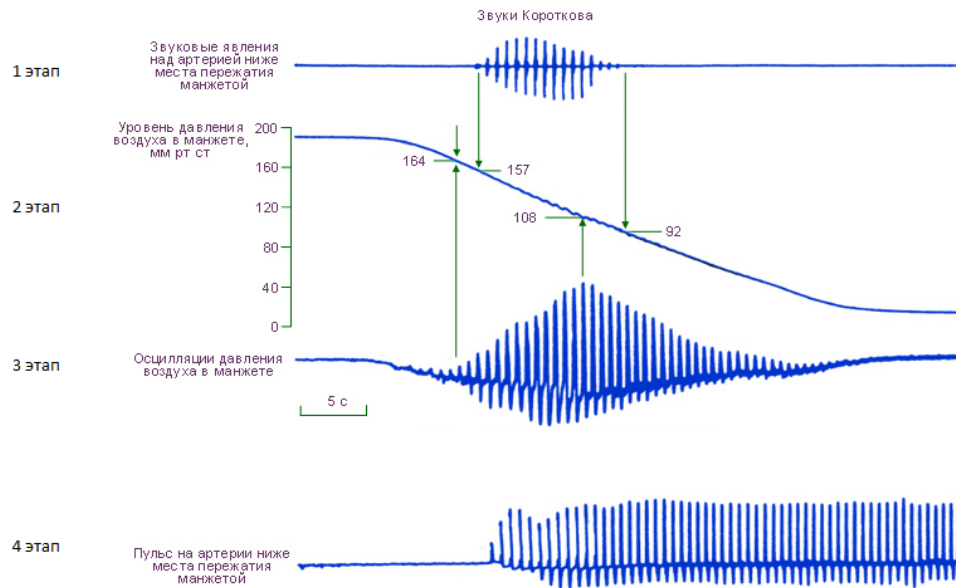


Рис. 1. Этапы измерения артериального давления

Известно устройство измерения АД [3], структурная схема которого приведена на рис. 2.

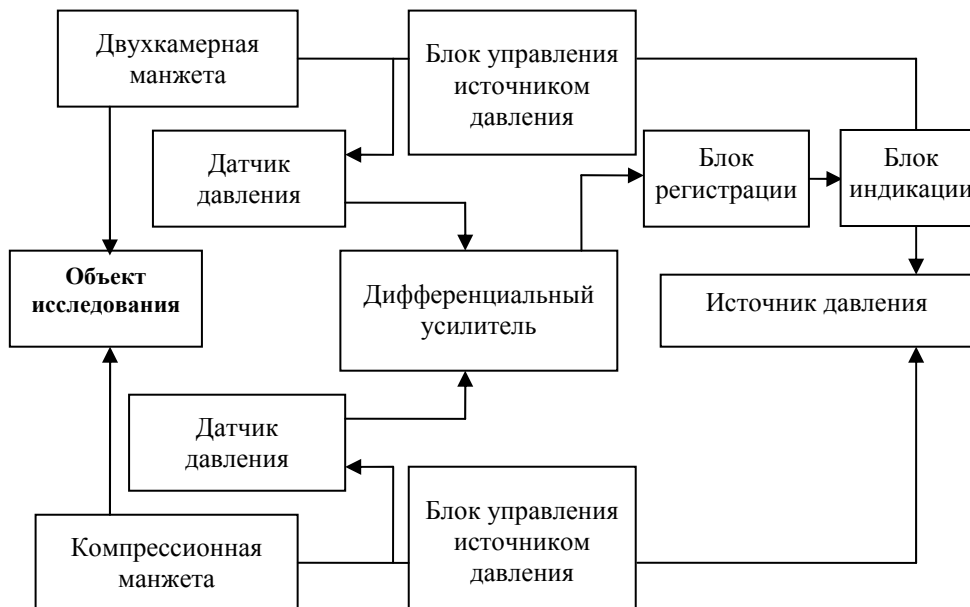


Рис. 2. Структурная схема аналога

Устройство включает в себя двухкамерную и компрессионную манжеты, выходы которых напрямую связаны со входами датчиков давления, под-

ключенными выходами к источнику давления. Выходы датчиков давления связаны со входами дифференциального усилителя, выход которого соединен через блок регистрации с блоком индикации. Источник давления пульса содержит резервуар с заданным объемом жидкости и грушу для подачи давления.

Авторы предлагаемого устройства [3], доказывают высокую точность измерения артериального давления за счет:

- оценки максимальных амплитуд осцилляции и фиксации значения давления, соответствующего наступлению момента декомпрессии и зависимости вычисления систолического и диастолического давлений от алгоритма обработки сигналов;

- исключения искажения характера регистрации колебаний поверхности манжеты и показаний датчика давления, обусловленного сжимаемостью жидкости, и искажения передачи значения давления на датчик;

- ликвидации шумов, вызываемых работой сердца, легких, движением суставов и внешних акустических шумов.

Основными недостатками данного устройства являются:

- использование в качестве компрессорной манжеты рабочего тела, наполненного жидкостью (водой). Данный недостаток связан с отсутствием полностью сформулированных химико-биологических требований использования жидкости в качестве наполнителя манжеты;

- использование резервуара с водой, который увеличивает габаритные размеры устройства, его массу и ухудшает потребительские свойства;

- сложность реализации устройства, заключающаяся в полном обезжизивании объекта обследования, большие погрешности измерений.

Структурная схема другого устройства, нашедшего широкое применение для измерения АД [4], приведена на рис. 3.



Рис. 3. Структурная схема прототипа

Манжета, содержащая воздушный мешок, с помощью резиновых трубок соединена с входами датчика давления, насоса и клапана. Выход датчика давления соединен с колебательным контуром. Выход насоса связан с цепью привода насоса, а выход клапана – с клапаном управляющей схемы. Колебательный контур, цепь привода насоса и клапан управляющей схемы напрямую связаны с микроконтроллером. К соответствующим выходам микроконтроллера подключены таймер, блок индикации (дисплей), запоминающее

устройство и консоль, связанные с блоком питания. Блок питания также подключен к одному из выходов микроконтроллера.

После установления манжеты на руке пациента, включения монитора артериального давления переключатель блока управления устанавливают в режим измерения и начинают измерение. Далее производят нагнетание воздуха в манжету с помощью встроенного в устройство насоса, который управляется по цепи привода. Затем постепенно, ступенчато давление стравливают, используя клапан, контролируемый управляющей схемой клапана, в результате чего определяются систолическое и диастолическое давление. При этом колебания пульсовой волны и изменение давления в манжете фиксируют с помощью датчика давления со встроенным колебательным контуром, информация с которого поступает на микроконтроллер (компрессор), а затем отображается на дисплее и передается на запоминающее устройство.

Устройство измерения АД содержит таймер времени, подключенный к одному из выводов микроконтроллера, с помощью которого легко контролировать время процесса измерения [4].

Недостатками данного устройства являются:

–используемая манжета с воздушным мешком, не позволяющая «адаптироваться» под индивидуальные особенности руки пациента, что может вызывать неудобства при ее эксплуатации;

–отсутствие звукового сигнализатора, позволяющего отслеживать критические (аварийные) состояния работы устройства, сигнализировать о начале и конце процесса измерения, а также осуществлять контроль за критическими состояниями пациентов при измерении давления и вовремя сигнализировать об возникающих опасностях окружающим людям;

–отсутствие портов для подключения внешних периферийных устройств (Flash-памяти, USB-порта для соединения с ПК, печатающего устройства), обеспечивающих долгосрочное хранение и обработку полученных результатов измерений и иной информации, а также возможности ее передачи на другие устройства или носители информации;

–невозможность беспроводной передачи данных и информации на внешние периферийные устройства;

–отсутствие внешнего источника питания, обеспечивающего бесперебойную работу устройства.

## **2. Разработка устройства измерения АД с использованием манжеты с автоматическим запястным контуром**

Задача, стоящая перед изобретателями, заключается в разработке многофункционального устройства, использующего при работе манжету с автоматическим запястным контуром и позволяющего преодолеть указанные выше недостатки.

Идея авторов основана на предложении наиболее оптимальной структурной схемы устройства измерения АД (рис. 4) с использованием манжеты с автоматическим запястным контуром.

Устройство измерения АД включает в себя манжету с автоматическим запястным контуром, датчик давления, миниатюрный электронасос с клапаном, микроконтроллер, а также встроенный звуковой сигнализатор. Вход манжеты связан с миниатюрным электронасосом и клапаном, входы которых

подключены к одному из выводов микроконтроллера, а выход – с датчиком давления, выход которого соединен с выводом микроконтроллера. К микроконтроллеру также подключен встроенный звуковой сигнализатор, дисплей и клавиатура.

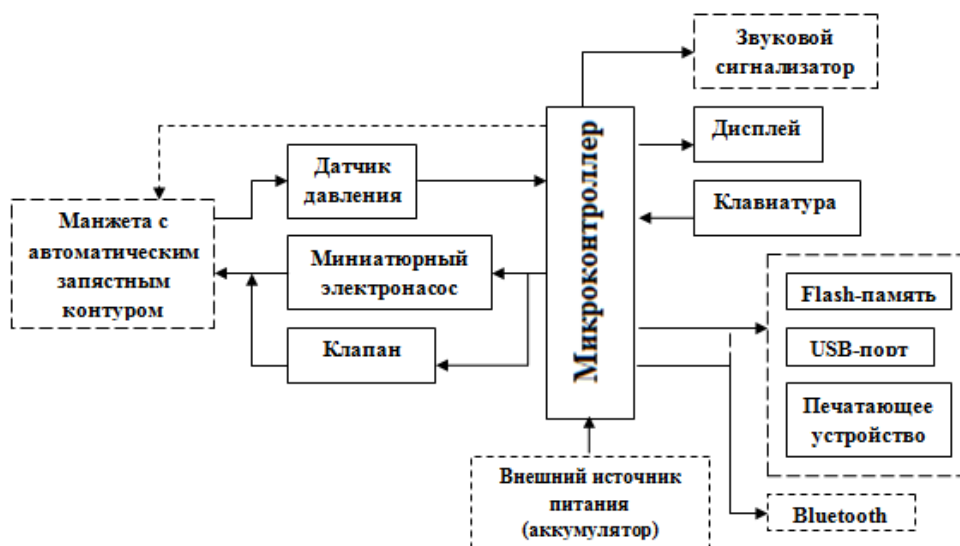


Рис. 4. Структурная схема предлагаемого устройства

Работа устройства осуществляется следующим образом. С помощью клавиатуры, встроенной или подключенной непосредственно к устройству, вносят во внутреннюю память всю требующуюся информацию о пациенте (например: ФИО, пол, возраст, заболевание и т.п.), которая одновременно будет отображаться на цифровом дисплее прибора.

Далее проводят процесс измерения АД с нажатия кнопки на блоке управления, отвечающей за начало измерения артериального давления («Измерение»), и затем осуществляется накачка воздуха в манжету с помощью электронасоса до достижения в ней давления, выше измеряемого систолического давления (согласно методу Короткова). Затем с помощью клапана оно автоматически регулируется таким образом, чтобы максимально точно определить систолическое (с момента появления первых акустических колебаний после постепенного стравливания воздуха в манжете) и диастолическое артериальное давление (после исчезновения колебаний и пульсаций) (3 и 4 фаза по Короткову). Процесс измерения заканчивают, как только манжета снова станет пустой и сработает звуковой сигнализатор.

Для количественной оценки величины АД предложено использовать величину среднеарифметического значения АД [2], определяемую по формуле

$$AD = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N P_i, \tag{1}$$

где АД – значение давления;  $P_i$  – значение давления при  $i$ -м измерении;  $N$  – общее число измерений.

Среднее арифметическое значение динамически изменяющихся величин дает объективную оценку среднего по времени или среднеинтегрального значения только при одинаковых интервалах между измерениями. С учетом этого в последнее время в ряде программ обработки стали использовать [2] модификацию приведенной формулы для учета разности в интервалах между измерениями АД:

$$АД = \frac{\sum_{i=1}^N P_i \Delta t_i}{\sum_{i=1}^N \Delta t_i} . \quad (2)$$

Манжета с автоматическим запястным контуром, используемая в устройстве, «адаптируется» под руку пациента, что позволяет осуществлять равномерное накачивание и стравливание воздуха в ней, тем самым обеспечивается высокая точность и надежность проводимых измерений артериального давления, а также обеспечивается комфортное и безопасное использование ее пациентами при эксплуатации.

Впервые применяемая манжета с автоматическим запястным контуром обладает рядом преимуществ, что позволяет обеспечивать:

- высокую точность подбора и определения диаметра манжеты по индивидуальным особенностям строения и размера руки для каждого пользователя;
- высокую точностью быстрого и правильного наложение манжеты на руку пациента (поверхностный материала и/или конусообразная форма воздушных мешков);
- плотное прилегание манжеты к руке пациента (преимущественно конусообразная форма воздушных мешков);
- повышенную скорость и высокую точность измерения с более комфортными условиями измерения АД пациентам.

Накачка и откачка воздуха в манжету производится через резиновые соединительные трубки или другие специальные встроенные в прибор средства.

Все пульсации и изменения давления фиксирует датчик давления, являющийся первичным преобразователем, информация с которого уже непосредственно поступает на микроконтроллер и затем отображается на цифровом дисплее. Полученную информацию можно также записать на Flash-память, передать на ПК посредством USB-порта и сделать распечатку результата на печатающее устройство.

Устройство оснащено звуковым сигнализатором, который позволяет контролировать критические (аварийные) состояния работы устройства, сигнализирует о начале и конце процесса измерения.

За счет встроенного звукового гида (речевой «навигатор») устройство позволяет упростить работу с ним при самостоятельной эксплуатации и делает его доступным для пациентов с ограниченными возможностями (слабовидящих). Также звуковая сигнализация дает дополнительную возможность диагностики и контроля за критическими состояниями здоровья пациентов, что позволяет обезопасить их от различных несчастных случаев и вовремя про-

информировать о возникающей опасности окружающих людей или специалиста (врача).

Встроенная память устройства позволяет запоминать и хранить данные о нескольких последовательно проведенных измерениях и высчитанном среднем нормальном давлении пациента, причем при последующих измерениях давления и изменении его значений в худшую сторону устройство посредством звукового сигнализатора оповещает об опасности, угрожающей состоянию здоровья пациента.

Разработанное информационно-измерительное устройство регистрации артериального давления может применяться в медицинских учреждениях, в качестве самостоятельного устройства и в комплексе, осуществляющем полный контроль и диагностику состояния пациента.

### **Заключение**

Таким образом, в ходе проведенных исследований и в процессе разработки нового конструктивного решения устройства были достигнуты следующие результаты:

– в качестве **научного результата** можно принять разработанную структурную схему устройства регистрации АД с использованием манжеты с автоматическим запястным контуром, позволяющую при практической реализации повысить быстродействие и точность работы устройств регистрации артериального давления;

– **практический результат** позволяет оценивать и анализировать уровень точности, надежности и стабильности воспроизводимых результатов измерений АД за счет применения манжеты с автоматическим запястным контуром.

Приведенные результаты работы доказывают высокую степень достоверности работы информационно-измерительных устройств регистрации информации о состоянии исследуемого объекта.

### **Список литературы**

1. **Абросимова, О. В.** Устройство регистрации артериального давления с использованием манжеты с автоматическим запястным контуром / О. В. Абросимова, А. Ю. Тычков, П. П. Чураков // Перспективные информационные технологии ПИТ – 2013 : сб. тр. Междунар. науч.-техн. конф. – Самара : Изд-во СГАУ, 2013. – С. 56–58.
2. **Иванов, С. Ю.** Точность измерения артериального давления по тонам Короткова / С. Ю. Иванов, Н. И. Лившиц // Вестник аритмологии. – 2005. – № 40. – С. 45–62.
3. Патент РФ № 104437. Тонометр Геращенко / Геращенко М. С. – 20.05.2011.
4. Патент США № 7699786. Электронный монитор артериального давления / Кохи Такеока, Джим Июнь Ли. – 20.04.2010.

### **References**

1. Abrosimova O. V., Tychkov A. Yu., Churakov P. P. *Perspektivnye informatsionnye tekhnologii PIT – 2013: sb. tr. Mezhdunar. nauch.-tekhn. konf.* [Perspective information technologies PIT – 2013: proceedings of the International scientific and technical conference]. Samara: Izd-vo SGAU, 2013, pp. 56–58.
2. Ivanov S. Yu., Livshits N. I. *Vestnik aritmologii* [Bulletin of arrhythmology]. 2005, no. 40, pp. 45–62.



3. Patent RF № 104437. Gerashchenko tonometer. Gerashchenko M. S. 20.05.2011.
4. Patent USA № 7699786. Electronic monitor of arterial pressure. Kokhi Takeoka, Dzhim Iyun' Li. 20.04.2010.

---

***Абросимова Олеся Валерьевна***

студент, Пензенский государственный университет (Россия, г. Пенза, ул. Красная, 40)

E-mail: Lesia10.09.1992@mail.ru

***Abrosimova Olesya Valer'evna***

Student, Penza State University (40 Krasnaya street, Penza, Russia)

***Тычков Александр Юрьевич***

кандидат технических наук, доцент, кафедра информационно-измерительной техники, Пензенский государственный университет (Россия, г. Пенза, ул. Красная, 40)

E-mail: tychkov-a@mail.ru

***Tychkov Aleksandr Yur'evich***

Candidate of engineering sciences, associate professor, sub-department of information-measuring technology, Penza State University (40 Krasnaya street, Penza, Russia)

***Чураков Петр Павлович***

доктор технических наук, профессор, кафедра информационно-измерительной техники, Пензенский государственный университет (Россия, г. Пенза, ул. Красная, 40)

E-mail: iit@pnzgu.ru

***Churakov Petr Pavlovich***

Doctor of engineering sciences, professor, sub-department of information-measuring technology, Penza State University (40 Krasnaya street, Penza, Russia)

---

УДК 621.3.087.47

**Абросимова, О. В.**

**Разработка информационно-измерительного устройства регистрации артериального давления с использованием манжеты с автоматическим запястным контуром / О. В. Абросимова, А. Ю. Тычков, П. П. Чураков // Известия высших учебных заведений. Поволжский регион. Технические науки. – 2013. – № 4 (28). – С. 119–127.**