

УДК 681.2.08:57.087

*М. С. Геращенко, С. И. Геращенко, С. М. Геращенко***ОЦЕНКА ПОГРЕШНОСТИ ГИДРОМАНЖЕТНОГО
ТОНОМЕТРА***M. S. Gerashhenko, S. I. Gerashhenko, S. M. Gerashhenko***HYDROCUFF TONOMETER ERROR ASSESSMENT**

А н н о т а ц и я. Актуальность и цели. Актуальность приведенных исследований обусловлена необходимостью повышения точности оценки значений артериального давления (АД) тонометрами. Контроль АД является важнейшим параметром, который оценивается при различных формах артериальной гипертензии. В результате проведенных исследований разработана гидроманжетная технология получения осцилляций, позволяющая существенно увеличить амплитуду формируемых осцилляций. Это позволяет производить оценку АД с погрешностью, соизмеримой с механическими тонометрами. *Материалы и методы.* В качестве методов проектирования узлов и блоков тонометра, реализующего гидроманжетную методику формирования осцилляций, использовалась среда LabVIEW. *Результаты.* В результате проведенных исследований разработан микропроцессорный автоматический гидроманжетный тонометр с погрешностью оценки АД, не превышающей погрешность механического тонометра. *Выводы.* Решена задача разработки основ гидроманжетной технологии получения и обработки осцилляций для реализации ее преимуществ в тонометрах. На современной элементной базе изготовлен макетный образец, произведена оценка его погрешности.

A b s t r a c t. Background. The actuality of the research is due to the need of improving the estimation accuracy of the blood pressure values (BP) by blood pressure monitors. BP control is the most important parameter measured in various forms of hypertension. As a result of research, the hydrocuff technology of oscillations formation allows to significantly increase the amplitude of the generated oscillations. This enables the BP assessment with accuracy comparable to manual blood pressure monitors. *Materials and methods.* The LabVIEW environment has been used for designing of units and blocks of the blood pressure monitor which implements the hydrocuff method of oscillations formation. *Results.* The microprocessed automatic hydrocuff BP monitor, with BP error assessment which is not exceed the error of the mechanical tonometer is developed as a result of research. *Conclusions.* The work has solved the task of developing of basics for hydrocuff technology of obtaining and processing the oscillations for the realization of its benefits in BP monitors. The breadboard of device has been made with its error estimation using a modern element base.

К л ю ч е в ы е с л о в а: тонометры, осцилляторные методы оценки давления, гидроманжетная технология формирования осцилляций.

K e y w o r d s: blood pressure monitors; the pressure evaluation oscillometric methods; the hydrocuff technology of oscillations formation.

Введение

Артериальная гипертензия (АГ) является в настоящее время величайшей в истории человечества неинфекционной пандемией. Она определяет структуру кардиоваскулярной заболеваемости и смертности. Среди трудоспособного населения России показатели смертности

катастрофичны. Они в 5–7 раз превышают аналогичные показатели в других странах. Причем до 30–45 % общей популяции страдает артериальной гипертензией без каких-либо системных тенденций к изменению артериального давления (АД). По статистическим данным Всемирной Организации здравоохранения, в странах Запада отмечается тенденция к снижению смертности от инсультов, в отличие от восточно-европейских стран, где смертность от инсульта явно растет [1].

Среди населения для оценки АД в последнее время наиболее популярны полуавтоматические и автоматические приборы, воспроизводящие алгоритм аускультативного или осциллометрического методов измерения. Приводимая производителями в Руководстве по эксплуатации на приборы погрешность измерения давления (менее 3 мм рт.ст.) пользователями ошибочно принимается за погрешность измерения артериального давления, на самом деле является погрешностью измерения давления воздуха в манжете [2, 3].

Объективная диагностика и успешное лечение АГ зависят от точного измерения АД. В противном случае могут совершаться неправильные действия и приниматься неверные решения, приводящие к критическим последствиям. Повышенное АД является важнейшим фактором риска основных сердечно-сосудистых заболеваний – инфаркта миокарда и мозгового инсульта. Оперативная фиксация момента повышенного давления в домашних условиях и принятие мер по его снижению является эффективной профилактикой от инсульта и инфаркта.

В настоящее время существуют различные способы измерения АД, традиционно делящиеся на инвазивные и неинвазивные. Неинвазивные методы измерения АД получили наибольшее распространение в медицинской практике. Данный способ реализуется путем использования косвенных методов измерения параметров давления крови с помощью окклюзионной манжетки в плечевой артерии. Обнаружение пульсаций давления крови на дистальном участке артерии наиболее часто производится осциллометрическими методами [4].

Осциллометрическая методика заключается в определении параметров АД по характерным изменениям осцилляций воздуха в манжете при плавной компрессии (декомпрессии). Значение давления воздуха в манжетке, при котором появляется пульс, принимается за систолическое АД. Определение минимального давления данным способом сопряжено со значительными погрешностями. За критерий равенства давления воздуха в манжетке минимальному давлению может быть принято уменьшение амплитуды пульсаций при декомпрессии воздуха. Однако этот критерий не является достаточно точным и однозначным для автоматического определения параметров АД. Только при реографической записи и ручной расшифровке данных могут быть получены удовлетворительные результаты.

Осциллометрическая методика применяется в 80 % электронных автоматических и полуавтоматических тонометров. Ее преимуществами перед аускультативной являются большая устойчивость к шумовому воздействию, перемещению манжеты по руке, возможность измерения через тонкую одежду, а также при наличии выраженного «аускультативного провала» и слабых тонах Короткова. В современных приборах имеется возможность регистрации уровня АД в фазе компрессии, когда отсутствуют местные нарушения кровообращения, появляющиеся в период сдвигания воздуха. Осциллометрический метод в меньшей степени, чем аускультативный, зависит от эластичности стенки сосудов, что снижает частоту выявления псевдорезистентной гипертензии у больных с выраженным атеросклеротическим поражением артерий [5].

Сохранение преимуществ тонометров осцилляторного типа с повышением точности оценки значений АД возможно с применением гидроманжетной технологии формирования осцилляций [6, 7].

Отличительная особенность данного варианта конструкции тонометра – наличие резервуара для жидкости и системы клапанов, обеспечивающей за счет груши нагнетание жидкости в манжету и декомпрессию давления с заданной скоростью. В модели используется осцилляторный метод оценки давления. По сравнению с существующими тонометрами осцилляторного типа, данный вариант усложняется незначительно за счет добавления резиновой груши и насосов для жидкости.

Внешний вид автоматического гидроманжетного тонометра приведен на рис. 1.

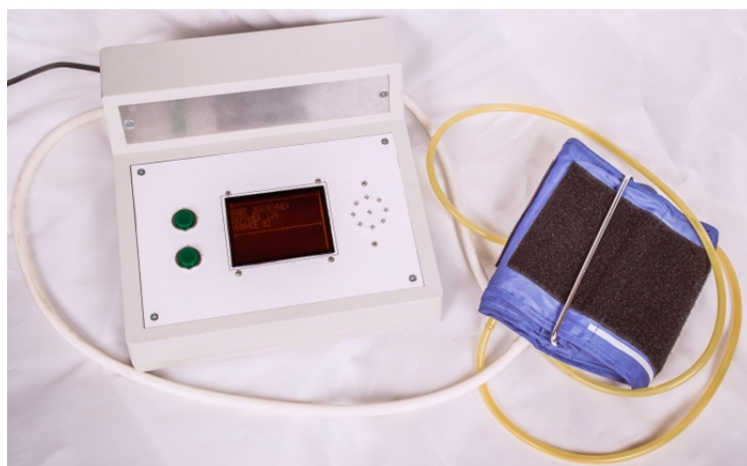


Рис. 1. Внешний вид автоматического гидроманжетного тонометра.

Конструктивными элементами макетного образца тонометра является основной модуль цифровой обработки сигнала, приведенный на рис. 2. К модулю подключаются: модуль индикации, модуль гидросистемы, обеспечивающий формирование давления в камерах манжеты.

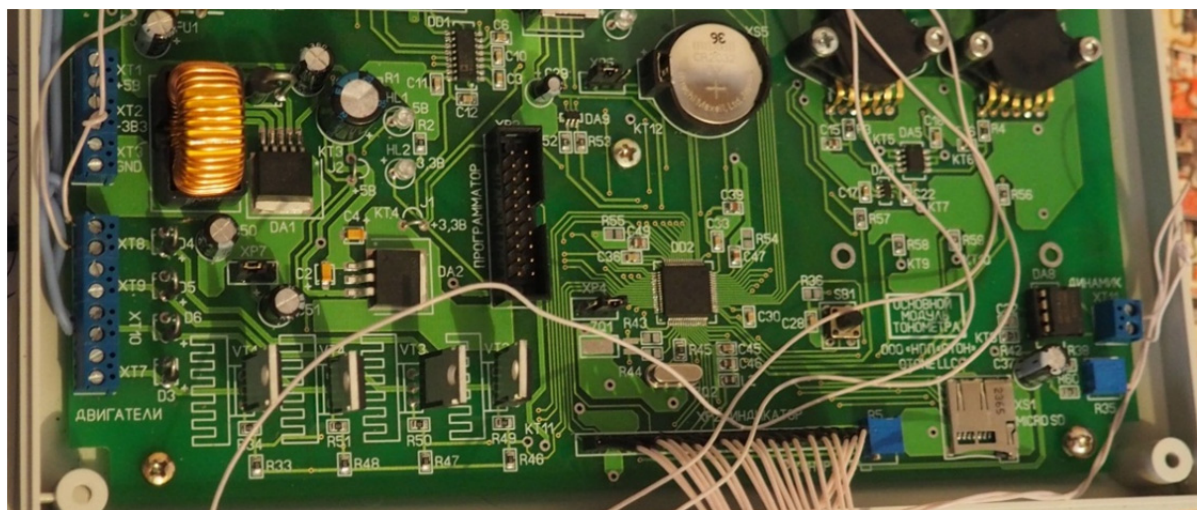


Рис. 2. Основной модуль цифровой обработки сигнала

Испытания разработанного варианта тонометра были разделены на два этапа. На первом была произведена оценка погрешности определения давления в манжете по методике поверки «Сфигмоманометры неинвазивные механические» Р50.2.020-2002 [8]. Согласно данной методике основная погрешность определяется как разность между показаниями проверяемого тонометра с действительным значением измеряемого давления, определяемого по ртутному манометру.

В соответствии с методикой значение основных погрешностей проверяемого тонометра на любой отметке шкалы как при компрессии, так и при декомпрессии не должны превышать ± 4 мм рт.ст.

Для проверки значения оценки давления в гидроманжете использовалась схема, приведенная на рис. 3. Камера манжеты заправляется в жесткое кольцо и соединяется с гидросистемой тонометра. Гидросистема обеспечивает нагнетание требуемого значения давления жидкости в камере манжеты. Система оцифровки значений давления тонометра производит преобразование значений давления в цифровой вид. В качестве эталонного измерителя давления использовался ртутный тонометр.



Рис. 3. Схема проверки значений давления в манжете

Проверка тонометра показала, что погрешность оценки давления в манжете не превышает ± 4 мм рт.ст.

На втором этапе осуществлялось исследование погрешности оценки значений систолического (САД) и диастолического давлений (ДАД) разработанными тонометрами. При аттестации приборов в настоящее время наиболее популярны протоколы Национального института стандартов США AAMI/ANSI и протокол Британского общества исследования гипертонии – BHS 90.

По протоколу BHS после испытаний прибору присваивается класс точности в соответствии с таблицей частоты наблюдаемых различий между показаниями прибора и экспертными значениями АД (табл. 1).

Таблица 1

Процент отличий приборного и экспертного АД (BHS 93)

Класс	<5 мм рт.ст.	<10 мм рт.ст.	<15 мм рт.ст.
A	60 %	85 %	95 %
B	50 %	75 %	90 %
C	40 %	65 %	85 %

Для полного удовлетворения требованиям BHS прибор должен иметь класс не ниже «B» для САД и «B» для ДАД (B/B), а приборы с характеристиками хуже C (D) не рекомендуются для применения [9].

Необходимо также отметить, что даже при самом высоком классе точности приборов по протоколу BHS 1993 – «A» допускается расхождение в показаниях прибора и данных экспертов более 15 мм рт.ст. в 5 %, более 10 мм рт.ст. в 15 % и более 5 мм рт.ст. – в 40 % измерений.

Измерялось систолическое АД и диастолическое АД с расположением манжеты на предплечье на уровне сердца представленными образцами гидроманжетных тонометров и стандартным ртутным сфигмоманометром.

В эксперименте участвовало 35 пациентов. Для них производился замер значений давления гидроманжетным тонометром. После чего опытные врачи-терапевты производили измерение давления по методу Короткова механическим тонометром. Затем осуществлялось сравнение полученных результатов.

По результатам эксперимента подсчитывалось количество измерений, отличающихся на ≤ 5 , ≤ 10 , ≤ 15 мм рт.ст. для САД и ДАД.

Результаты обработки данных для автоматического тонометра приведены в табл. 2. Гистограммы величины отличий в показаниях САД и ДАД приведены на рис. 4 и 5.

Таблица 2

Статистическая обработка данных для величины отличий в показаниях САД и ДАД для автоматического тонометра.

Параметр	САД, число/%	ДАД, число/%
Количество измерений, отличающихся на ≤ 5 мм рт.ст.	28/80	27/77
Количество измерений, отличающихся на ≤ 10 мм рт.ст.	35/100	35/100
Количество измерений отличающихся на ≤ 15 мм рт.ст.	35/100	35/100
Среднее	1,4	0,57
Ст. ошибка	0,64	0,76
Ст. отклонение	3,80	4,51
Дисперсия	14,48	20,36
Мин	-5	-8
Мах	8	8

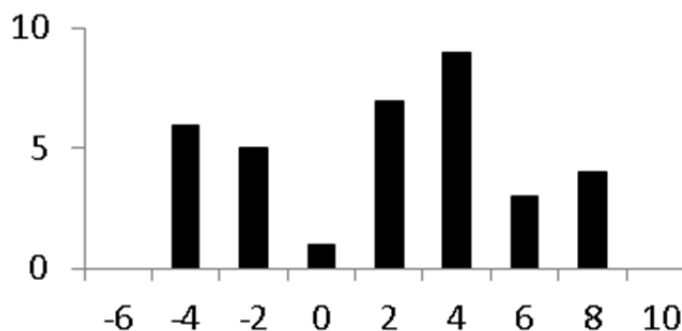


Рис. 4. Гистограмма величины отличий в показаниях САД для автоматического тонометра

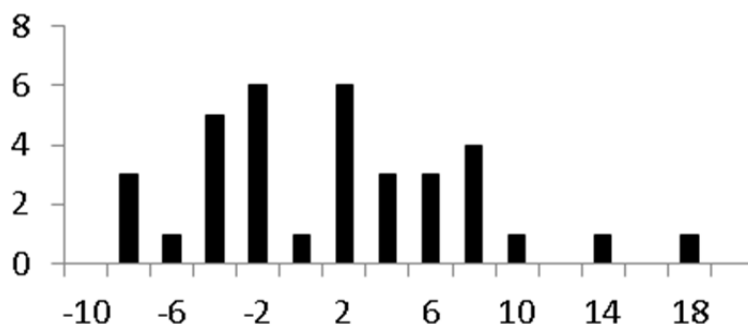


Рис. 5. Гистограмма величины отличий в показаниях ДАД для автоматического тонометра

Анализ данных говорит о том, что гидроманжетный автоматический тонометр завышает значения САД на 1,4 мм рт.ст. и ДАД на 0,57 мм рт.ст. По САД количество измерений, отличающихся на ≤ 10 мм рт.ст., составляет 100 %. Для ДАД количество измерений, отличающихся на ≤ 10 мм рт.ст., также составляет 100 %.

В целом результаты говорят о том, что автоматический гидроманжетный тонометр, соответствует требованиям, указанным в IP-стандарте, и, по протоколу BHS, может быть классифицирован как класс «А», для оценки САД и ДАД.

Заключение

В результате проведенных исследований спроектирован и изготовлен макет гидроманжетного тонометра. Произведена оценка погрешности разработанного макетного образца. Результаты сравнительных испытаний показали, что погрешность гидроманжетного тонометра не превышает погрешность механических тонометров и он может быть классифицирован как класс «А» тонометров.

Список литературы

1. Рекомендации по лечению артериальной гипертонии. ESH/ESC 2013 // Российский кардиологический журнал. – 2014. – № 1 (105). – С. 5–92.
2. Возможности и перспективы способов и приборов для измерения уровня артериального давления / О. П. Родина, И. Я. Моисеева, С. И. Геращенко, М. С. Геращенко, О. А. Водопьянова, А. Н. Митрошин // Фундаментальные исследования. – 2014. – № 10-1. – С. 166–169.
3. Диагностика и лечение артериальной гипертензии (Рекомендации Российского медицинского общества по артериальной гипертонии и Всероссийского научного общества кардиологов) // Кардиология. – 2010. – № 3. – С. 5–26.
4. Иванов, С. Ю. Точность измерения артериального давления по тонам Короткова в сравнении с осциллометрическим методом / С. Ю. Иванов, Н. И. Лившиц // Вестник аритмологии. – 2005. – № 40. – С. 55–58.
5. Голиков, В. А. Анатомия тонометров / В. А. Голиков // Ремедиум. – 1999. – № 1. – URL: http://www.remedium.ru/catalog/detail.php?ID=5265&phrase_id=162216

6. Пат. № 104437 Российская Федерация. Тонометр Геращенко / Геращенко М. С. 2011. – URL: <http://bankpatentov.ru/node/78436> (дата обращения: 05.05.2016).
7. Геращенко, М. С. Использование гидроманжетного тонометра для оценки гемодинамических параметров с повышенной точностью / М. С. Геращенко, Н. А. Волкова, С. М. Геращенко. Известия высших учебных заведений // Поволжский регион. Технические науки. – 2016. – № 3. – С. 116–125.
8. Сфигмоманометры неинвазивные механические. Методика поверки Р50.2.020-2002 БЗ 9-2001-19. – М. : Изд-во стандартов, 2001.
9. Рогоза, А. Н. К вопросу о точности измерения АД автоматическими приборами / А. Н. Рогоза // Функциональная диагностика. – 2003. – № 1. – С. 2–10.

Геращенко Михаил Сергеевич

аспирант,
Пензенский государственный университет
(Россия, г. Пенза, ул. Красная, 40)
E-mail: mifon1@yandex.ru

Gerashchenko Mikhail Sergeevich

postgraduate student,
Penza State University
(40 Krasnaya street, Penza, Russia)

Геращенко Сергей Иванович

доктор технических наук, профессор,
заведующий кафедрой медицинской
кибернетики и информатики,
Пензенский государственный университет
(Россия, г. Пенза, ул. Красная, 40)
E-mail: mpo@list.ru

Gerashchenko Sergey Ivanovich

doctor of technical sciences, professor,
head of sub-department of medical cybernetics
and informatics,
Penza State University
(40 Krasnaya street, Penza, Russia)

Геращенко Сергей Михайлович

доктор технических наук, профессор,
кафедра медицинской кибернетики и информатики,
Пензенский государственный университет
(Россия, г. Пенза, ул. Красная, 40)
E-mail: gsm@pnzgu.ru

Gerashchenko Sergey Mihailovich

doctor of technical sciences, professor,
sub-department of medical cybernetics and informatics,
Penza State University
(40 Krasnaya street, Penza, Russia)

УДК 681.2.08:57.087

Геращенко, М. С.

Оценка погрешности гидроманжетного тонометра / М. С. Геращенко, С. И. Геращенко, С. М. Геращенко // Измерение. Мониторинг. Управление. Контроль. – 2016. – № 4 (18). – С. 106–111.