

УДК 57.087+615.84

СТРУКТУРНОЕ ПОСТРОЕНИЕ АППАРАТУРЫ ИЗМЕРЕНИЯ АРТЕРИАЛЬНОГО ДАВЛЕНИЯ КРОВИ

© 2014 А.А. Федотов, С.А. Акулов, А.С. Акулова

Самарский государственный аэрокосмический университет
имени академика С.П. Королёва (национальный исследовательский университет)

В статье рассматриваются методы построения инструментальных средств неинвазивного измерения артериального давления крови. Рассмотрена структурная схема монитора артериального давления крови на основе одновременного использования осциллометрического и аускультативного методов измерения.

Артериальное давление крови, структурная схема, осциллометрический метод.

Важным компонентом клинического мониторинга, определяющим состояние сердечно-сосудистой системы и организма в целом, является контроль артериального давления (АД) крови. Аппаратура для измерения параметров давления крови входит в состав практически всех современных многоканальных мониторинговых систем. В таких системах прямому инвазивному измерению параметров давления крови может отводиться несколько измерительных каналов для определения параметров давления в различных точках сосудистого русла и отображения кривых давления на графическом дисплее монитора [1 – 3].

Аппаратура неинвазивного измерения АД также входит в состав мониторинговых систем, однако, она имеет более широкое клиническое применение, поэтому мониторы давления, основанные на косвенных методах определения параметров АД, выпускаются в виде отдельных приборов.

Неинвазивные мониторы параметров АД строятся с использованием осциллометрического или аускультативного метода измерения, а иногда совмещают оба метода для повышения точности и надёжности измерения. Если аппаратура входит в состав многоканальной мониторинговой системы, то для повышения точности измерений используется канал ЭКГ, позволяющий синхронизировать обнаружитель пульсовой волны монитора [1, 3]. Функциональная схема монитора АД, реализующего аускультативный и осциллометрический метод измерения, приведена на рис. 1. На рисунке показано: 1 – плечевая

манжета, 2 – дифференциальный датчик Короткова, 3, 6 – дифференциальные усилители, 4 – датчик давления, 5 – фильтр токов, 7 – усилитель постоянной составляющей, 8 – усилитель пульсаций, 9 – коммутатор сигналов, 10 – АЦП, 11 – микропроцессор, 12 – дисплей, 13 – коммутатор токов, 14 – клапан сброса, 15 – клапан декомпрессии, 16 – компрессор, 17 – клапан избыточного давления.

Аускультативный измерительный канал монитора содержит дифференциальный акустический датчик, встроенный в нижнюю часть плечевой окклюзионной манжетки 1, усилитель разностного акустического сигнала 3 и фильтр тонов Короткова 5. Воздушная магистраль, соединённая с манжеткой, включает компрессор 16, создающий максимальное давление в манжетке, обычно выбираемое на 20...30 мм рт.ст. выше конечного систолического давления крови. Клапаны, включенные в магистраль, служат для быстрого сброса давления 14, плавной декомпрессии 15, предохранения магистрали от избыточного давления 17.

Осциллометрический канал включает датчик давления 4 тензометрического типа, соединённый с манжеткой 1, который преобразует давление в манжетке в электрический сигнал, усиливаемый дифференциальным каскадом 6. Постоянная составляющая сигнала, пропорциональная постоянной составляющей давления в манжетке, выделяется усилителем постоянного тока с ФНЧ 7. Выделение и усиление сигнала пульсаций давления осуществляется с помощью усилителя с ФВЧ 8. Контроллер 11, включающий про-

цессор, ОЗУ, ПЗУ, соединён с дисплеем и осуществляет управление элементами воздушной магистрали, а также мультиплексором 9 и АЦП 10.

Сочетание аускультативного и осциллометрического каналов позволяет реализовать гибкие алгоритмы определения пара-

метров АД – значений систолического, диастолического, среднего давления, и тем самым повысить точность измерений и их надёжность. Среднее АД измеряется осциллометрическим методом даже в тех случаях, когда звуковые сигналы тонов очень слабы [1, 3].

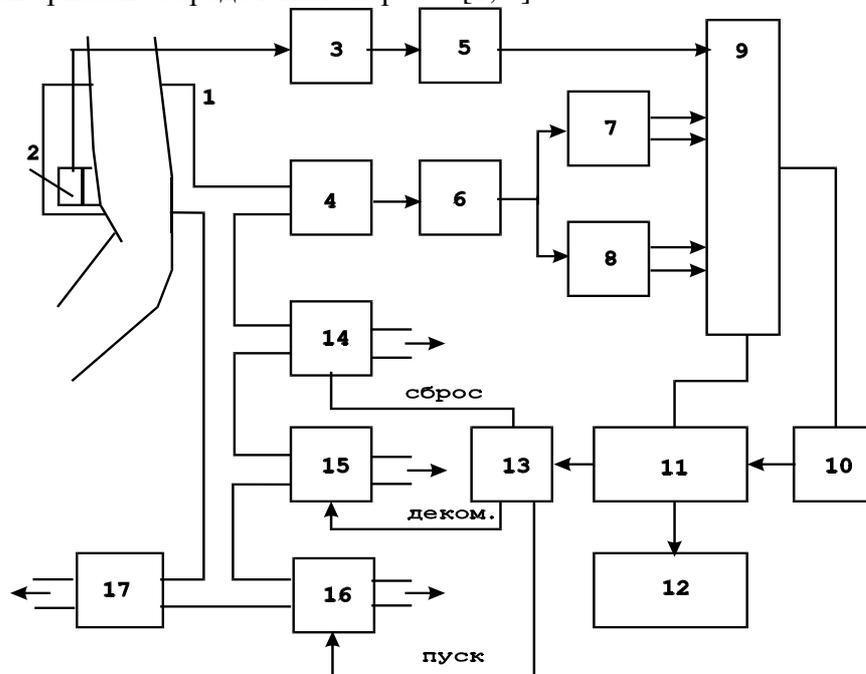


Рис. 1. Функциональная схема монитора АД с использованием двух косвенных методов измерения

Мониторы АД имеют автоматический режим периодических измерений с интервалом времени от 1 до 60 минут, а также систему тревожной сигнализации при выходе измеряемых параметров за установленные границы.

Технические характеристики мониторов АД, выпускаемые в различных странах, удовлетворяют требованиям стандартов: стандарт Британской ассоциации гипертонии, национальный стандарт США для электронных сфигмоманометров.

Пределы измерения давления устанавливаются чаще всего от 0 до 250 мм рт.ст. Точность отсчёта давления определяется как ± 3 мм рт.ст. Эта величина является инструментальной погрешностью измерения давления воздуха в окклюзионной манжетке. Оценка погрешности измерения параметров АД затруднена из-за отсутствия адекватного метрологического обеспечения [3].

Американский стандарт рекомендует сопоставительную методику определения погрешности измерения АД автоматизированными сфигмоманометрами. В стандарте учтено, что основная масса диагностических данных по определению АД получена ручным аускультативным способом.

Методика оценки погрешности включает одновременное измерение параметров АД с помощью фонендоскопа и исследуемого сфигмоманометра с использованием одной окклюзионной манжетки. Для уменьшения погрешности, связанной с субъективным восприятием наблюдателей тонов Н.С. Короткова, используется фонендоскоп с разветвлёнными слуховыми трубками для получения независимых результатов двумя наблюдателями. Средняя величина результатов наблюдений используется при оценке точности [3].

В соответствии с данной методикой следует провести три измерения параметров

АД в течение 30 мин для каждого пациента. Количество пациентов не должно быть менее 85 человек. Стандарт регламентирует, чтобы среднее значение разницы величины АД, определённой по всем измерениям с помощью прибора и наблюдателями, не превышало ± 5 мм рт.ст. Среднеквадратичное отклонение не должно быть более 8 мм рт.ст.

Неинвазивные мониторы непрерывного слежения за параметрами АД, с отображением кривой изменения давления на дисплее, строятся по методу слежения за поперечным размером сосуда при пульсовых колебаниях артериальной стенки [3]. Функциональная схема монитора давления, реализующего данный метод, представлена на рис. 2. На рисунке показано: 1 – пальцевая манжета, 2 – излучатель, 3 – фотоприёмник, 4 – генератор, 5 – дифференциальный усилитель, 6 – усилитель, 7 – переключатель, 8 – микроконтроллер, 9 – клапан управления, 10 – датчик

давления, 11 – компрессор, 12 – микроконтроллер, 13 – АЦП, 14 – дисплей.

Пальцевая окклюзионная манжетка 1 содержит фотоплетизмографический датчик, включающий излучатель 2, питаемый от источника 4, и фотоприёмник 3, дающий сигнал, пропорциональный величине диаметра пальцевой артерии. Воздушная магистраль прибора, связанная с манжеткой, включает компрессор 11, клапан с пропорциональным управлением 9 и датчик давления 10. В петле электромеханической обратной связи происходит формирование сигнала, пропорционального диаметру артерии, и напряжения, управляющего работой клапана 9.

В результате, при пульсации сосуда, с увеличением просвета артерии давление в манжетке уменьшается, а при уменьшении – увеличивается. Таким образом, поддерживается номинальная величина просвета артерии, задаваемая микропроцессором 12.

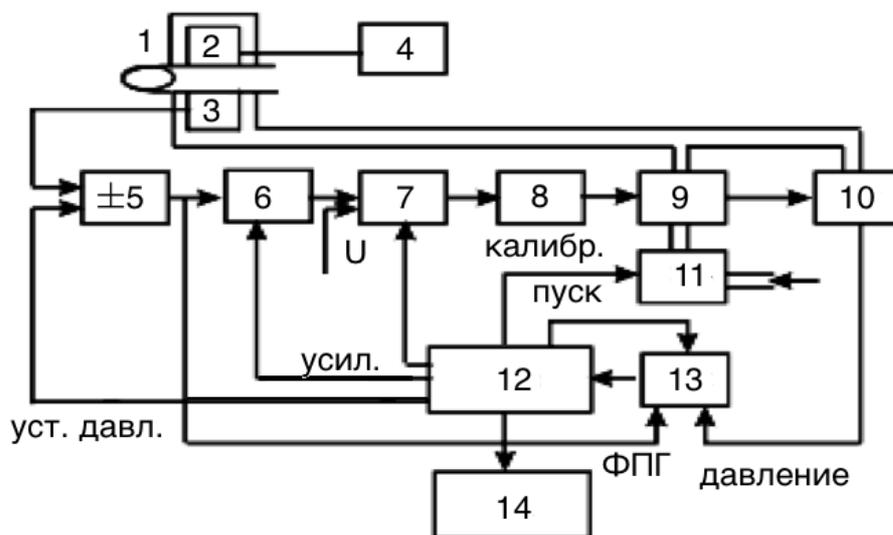


Рис. 2. Функциональная схема монитора АД по методу слежения за изменением давления в манжетке

Давление воздуха в манжетке отслеживает колебания АД на протяжении сердечного цикла и после преобразования в электрический сигнал датчиком 10 поступает на АЦП 13 для обработки в микропроцессоре по осциллометрической методике. На экран дисплея 14 выводятся кривая давления и вычисленные значения параметров АД. В приборе предусмотрена периодическая кали-

бровка по сигналу от микропроцессора 12, подаваемому на переключатель 7. При этом обратная связь размыкается и под действием напряжения калибровки осуществляется поиск размера сосуда, при котором пульсации давления достигают максимума.

Для предотвращения искажений фотоплетизмографического сигнала палец с манжеткой при проведении процедур изме-

нения АД необходимо надёжно зафиксировать.

В работе рассмотрены особенности структурного построения мониторов артери-

ального давления крови, построенных на основе совмещения двух основных методов неинвазивного измерения АД: аускультативного и осциллометрического.

Библиографический список

1. Webster, J. G. Medical instrumentation. Application and design / John Wiley & Sons, 2009. 675 p.

2. Гусев, В. Г. Получение информации о параметрах и характеристиках организма и

физические методы воздействия на него. М: Машиностроение, 2004. 597 с.

3. Федотов, А. А. , Акулов С.А. Измерительные преобразователи биомедицинских сигналов систем клинического мониторинга. М.: Радио и связь, 2013. 250 с.

Информация об авторах

Федотов Александр Александрович, кандидат технических наук, доцент кафедры лазерных и биотехнических систем, Самарский государственный аэрокосмический университет имени академика С.П. Королёва (национальный исследовательский университет). E-mail: fedoaleks@yandex.ru. Область научных интересов: моделирование биотехнических систем, цифровая обработка биосигналов, измерительные преобразователи биологической информации.

Акулов Сергей Анатольевич, кандидат технических наук, доцент кафедры лазерных и биотехнических систем, Самарский государственный аэрокосмический универ-

ситет имени академика С.П. Королёва (национальный исследовательский университет). E-mail: sakulov1981@mail.ru. Область научных интересов: моделирование биотехнических систем, исследование биоэлектрического импеданса, методы и средства диагностики сердечно-сосудистой системы человека.

Акулова Анна Сергеевна, магистрант, Самарский государственный аэрокосмический университет имени академика С.П. Королёва (национальный исследовательский университет). E-mail: akulova_as@mail.ru. Область научных интересов: моделирование биотехнических систем, исследование биоэлектрической активности сердца.

STRUCTURE OF ARTERIAL BLOOD PRESSURE MONITORS

© 2014 A.A. Fedotov, S.A. Akulov, A.S. Akulova

Samara State Aerospace University, Samara, Russian Federation

This article is devoted to constructing instrumental tools of noninvasive measurement of arterial blood pressure. The structure of blood pressure monitors based on simultaneous using of oscillometric and auscultatory measurement methods is considered.

Arterial blood pressure, oscillometric method, structural schematic.

References

1. Webster J. G. Medical instrumentation. Application and design. /John Wiley & Sons, 2009. p.675.

2. Gusev, V.G. Obtaining of information about parameters and characteristics of organ-

ism and physical methods of impact on it. M : Mechanical Engineering, 2004. p.597 .

3. Fedotov A.A., Akulov S.A. Measuring converters biomedical system systems of clini-

cal monitoring. M.: Radio and communication, 2013. p. 250.

About the authors

Fedotov Aleksandr Aleksandrovich, Candidate of Sciences (Technical Sciences), Associate Professor of the Department of Laser and Bioengineering Systems. E-mail: fedovaleks@yandex.ru. Area of research: modeling of bioengineering systems, biosignal processing, transducers of biological information.

Akulov Sergey Anatolievich, Candidate of Sciences (Technical Sciences), Associate

Professor of the Department of Laser and Bioengineering Systems. E-mail: sakulov1981@mail.ru. Area of research: modeling of bioengineering systems, bioelectrical impedance, diagnostics of cardiovascular system.

Akulova Anna Sergeevna, Graduate Student, E-mail: akulova_as@mail.ru. Area of research: modeling of bioengineering systems, bioelectrical heart activity.