



УДК 681.2.08:57.087+612.13/.14+534.14
doi: 10.21685/2587-7704-2025-10-1-17



Open
Access

RESEARCH
ARTICLE

Тонометр гидроманжетного типа: преимущества и перспективы

Даниил Константинович Лысенко

Пензенский государственный университет, Россия, г. Пенза, ул. Красная, 40
avengo271@yandex.ru

Аннотация. Рассматривается гидроманжетная технология тонометра на основе исследований и результатов поверки. Приведены преимущества, присущие данной модификации, а также решаемые проблемы при использовании рассмотренной технологии. Выявлены недостатки, мешающие дальнейшему внедрению.

Ключевые слова: тонометр гидроманжетный, осциллометрический метод, артериальное давление, амплитуда осцилляции, неинвазивный метод измерения артериального давления

Для цитирования: Лысенко Д. К. Тонометр гидроманжетного типа: преимущества и перспективы // Инжиниринг и технологии. 2025. Т. 10 (1). С. 1–4. doi: 10.21685/2587-7704-2025-10-1-17

Hydro-cuff type tonometer: advantages and prospects

Daniil K. Lysenko

Penza State University, 40 Krasnaya Street, Penza, Russia
avengo271@yandex.ru

Abstract. The article discusses the hydro-cuff tonometer technology based on research and verification results. The advantages inherent in this modification are given, as well as the solved problems when using the considered technology. Shortcomings that hinder further implementation have been identified.

Keywords: hydro-cuff tonometer, oscillometric method, blood pressure, oscillation amplitude, noninvasive method of measuring blood pressure

For citation: Lysenko D.K. Hydro-cuff type tonometer: advantages and prospects = *Engineering and Technology*. 2025;10(1):1–4. (In Russ.). doi: 10.21685/2587-7704-2025-10-1-17

Введение

В настоящее время существует множество методов измерения артериального давления, которые, в свою очередь, подразделяются на два способа: инвазивные и неинвазивные, причем последний получил наибольшее распространение. Это связано с тем, что данный способ гораздо безопаснее, чем инвазивный, так как не связан с риском инфицирования, тромбозов и кровоизлияний, возможных при прямом способе; возможности применения в амбулаторных условиях и т.д. Для обнаружения пульсаций на дистальных участках артерий, создаваемых сердцем в процессе нагнетания давления крови наиболее часто используются осциллометрические методы [1, 2].

Однако вследствие несовершенности алгоритмической способности осциллометрического метода оценки давления во время систолы и диастолы сердца по значению давления, соответствующему максимальной амплитуде осцилляции, проблема амбулаторного мониторинга артериального давления с достаточно высокой точностью и минимальной погрешностью остается актуальной.

Согласно Геращенко М. С., Геращенко С. И., Геращенко С. М. основной проблемой объемной компрессионной осциллометрии является довольно низкая точность оценки значений давления во время систолы и диастолы, а также плохая воспроизводимость получаемых при измерении данных. Эти проблемы связывают с незначительной амплитудой осцилляции, формируемых в воздушной компрессионной манжете, в диапазоне от 1 до 2 мм рт.ст. В итоге, суммарная оцениваемая погрешность составляет от 10 до 30 %.



Рассматриваемая в данной статье вариация тонометра, использующего гидроманжетную технологию для измерения артериального давления, довольно уникальна. Отличительными особенностями от стандартной версии являются резервуар для жидкости, системы клапанов, обеспечивающих за счет резиновой груши нагнетание жидкости в манжету и ее декомпрессию, а также насосы для жидкости [1, 3].

Преимущества. Из преимуществ гидроманжетной технологии авторы рассматриваемого исследования также выделяют высокую амплитуду осцилляции (17 мм рт.ст.). Это практически решает проблему влияния шумов на выходные данные и позволяет производить измерения при значениях давления во время диастолы сердца [2].

Еще одно преимущество гидроманжетной технологии связано с идентичностью фазовых структур осцилляции и давления в сонной артерии. Это позволяет получать более качественные выходные данные на основе оценки дифференциальных и интегральных характеристик пульсовой волны [4].

Следующее, но не по важности, преимущество гидроманжетной технологии связано с более высокой точностью оценки значений артериального давления. Это преимущество выражается в наличии двух манжет, что позволяет определять значения давления во время систолы и диастолы сердца в моменты, соответствующие появлению и исчезновению пульсации. Данная технология, согласно исследованию, при достаточном техническом оснащении, а также поддержании скорости декомпрессии в диапазоне от 0,2 до 0,3 мм рт.ст., позволяет получать значения с погрешностью ± 1 мм рт.ст.

Весомым преимуществом гидроманжетной технологии является возможность применения метода адаптивной компрессии и декомпрессии в автоматическом режиме. Его суть раскрывается в следующих шагах:

- 1) уменьшение скорости декомпрессии после нагнетания давления выше систолического вплоть до момента появления признаков проявления характерных пульсаций;
- 2) автоматическое нагнетание давления в диапазоне от 3 до 4 мм рт.ст. при появлении пульсаций;
- 3) медленная декомпрессия со скоростью в диапазоне от 0,2 до 0,3 мм рт.ст./с и получение значения систолического давления;
- 4) декомпрессия со стандартной скоростью вплоть до следующего появления признаков пульсаций по аналогии с первым шагом;
- 5) повторение шага два и три и, после получения значения диастолического давления, быстрое снижение давления, характеризующее завершение процесса измерения.

Данный метод позволяет более точно отслеживать динамику изменения значения артериального давления [2].

Испытания

В рассматриваемом исследовании испытание тонометра с гидроманжетой было проведено в два этапа.

Первый этап заключался в проведении оценки погрешности определения показателей давления в манжете по методике поверки Р 50.2.020–2002 «Сфигмоманометры неинвазивные механические» [5].

По итогу оценки погрешности гидроманжетный автоматический тонометр завышает значения систолического давления на 1,4 мм рт.ст., а диастолического на 0,57 мм рт.ст.

На втором этапе оценивалась погрешность значений систолического и диастолического давлений тонометра гидроманжетного типа с использованием протокола Британского общества исследования гипертонии *BHS 90*.

В результате, согласно протоколу *BHS 90*, автоматический гидроманжетный тонометр может быть классифицирован как класс «А» [6].

Недостатки

Следует отметить, что производство данного вида тонометров будет обладать большими издержками по сравнению с тонометрами, где для измерения давления используется воздух. Имеет место и увеличение массы, габаритов, стоимость производства и обслуживания, усложнения устройства вследствие использования жидкости, а также гидросистемы и насосов для жидкости.

В первом этапе испытаний тонометра с гидроманжетой были использованы устаревшие рекомендации (Р 50.2.20–2002 были заменены на Р 1323565.2.001-2018). Рекомендуема поверка данного конструкционного варианта в соответствии актуальным рекомендациям [5, 8].



В рассматриваемом исследовании автор ссылается на рекомендации для сфигмоманометров механического типа в то время, как предлагаемый гидроманжетный тонометр имеет автоматический принцип работы.

Следует также уточнить, что используемый во втором этапе испытаний протокол *BHS 90* был разработан в 1990 г., пересмотрен в 1993 г. После расформирования общества авторов *BHS* был выдвинут международный протокол *ESH (IP1)* в 2002 г. с последующей редакцией в 2010 г. (*IP2*). На данный момент в мире используется универсальный стандарт *AAMI/ESH/ISO (ISO 81060-2:2018)*, разработанный в 2018 г. комитетами *ISO*, *ESH* и *AAMI*, призванный заменить все предыдущие протоколы и установить минимальный стандарт точности устройств для измерения артериального давления [9].

Заключение

Тонометр с гидроманжетой обладает рядом преимуществ по сравнению с тонометрами, использующими воздух, а именно:

- 1) высокая амплитуда осцилляции (17 мм рт.ст.), что практически решает проблему влияния шумов на выходные данные;
- 2) идентичность фазовых структур осцилляции и давления в сонной артерии;
- 3) более высокая точность оценки значений артериального давления за счет использования двух манжет;
- 4) возможность применения метода адаптивной компрессии и декомпрессии в автоматическом режиме.

Среди недостатков данного тонометра можно выделить:

- 1) в сравнении с уже имеющимися на рынке тонометрами, использующими для измерения давления воздух, производство тонометра гидроманжетного типа обладает относительно большими издержками (увеличение массы, габаритов, стоимость производства и обслуживания, усложнение устройства);
- 2) использование в исследовании устаревших рекомендаций по поверке, однако, с учетом дат публикаций исследования, данный недостаток несущественен;
- 3) ссылка на рекомендации для сфигмоманометров механического типа в то время, как предлагаемый гидроманжетный тонометр имеет автоматический принцип работы;
- 4) использование устаревшего протокола *BHS 90*.

Выводы

Рассмотренный конструкционный вариант тонометра гидроманжетного типа обладает рядом преимуществ по сравнению с тонометрами, использующими воздух. Использование жидкости в качестве среды распространения пульсовой волны для последующего считывания показателей устройством позволяет более точно определять артериальное давление. Данная разработка является перспективным вектором развития и улучшения методик оценки точности измерения артериального давления. Однако следует отметить, что данный конструкционный вариант тонометра является более дорогим в плане производства и обслуживания, а также более сложным. Рекомендуема поверка данного конструкционного варианта в соответствии с актуальными рекомендациями.

Список литературы

1. Иванов С. Ю., Лившиц Н. И. Точность измерения артериального давления по тонам Короткова в сравнении с осциллометрическим методом // Вестник аритмологии. 2005. № 40. С. 55–58.
2. Геращенко М. С., Геращенко С. И., Геращенко С. М. Разработка гидроманжетного прибора для мониторинга гемодинамических параметров // Измерение. Мониторинг. Управление. Контроль. 2016. № 4 (18). С. 112–117.
3. Моисеева И. Я., Геращенко С. И., Геращенко М. С., Водопьянова О. А., Митрошин А. Н., Родина О. П. Возможности и перспективы способов и приборов для измерения уровня артериального давления // Фундаментальные исследования. 2014. № 10-1. С. 166–169.
4. Знайко Г. Г., Стулин И. Д., Швеин А. А., Соловьев В. Ю., Красовский В. Е., Робинзон А. А. Принципы проектирования компьютеризованных диагностических комплексов для неинвазивной оценки параметров системы кровообращения. URL: <http://pandia.ru/text/80/014/25454.php>. 5. Р 50.2.020–2002
5. Государственная система обеспечения единства измерений. Сфигмоманометры неинвазивные механические. Методика поверки : рекомендации по метрологии : дата введения 2002-02-18 // Федеральное государственное унитарное предприятие «Всероссийский научно-исследовательский институт оптико-физических измерений» (ФГУП ВНИИОФИ) Госстандарта России. Изд. официальное. М. : Госстандарт России, 2002.



6. Геращенко М. С., Геращенко С. И., Геращенко С. М. Оценка погрешности гидроманжетного тонометра // Измерение. Мониторинг. Управление. Контроль. 2016. № 4 (18). С. 106–111.
7. Об утверждении перечня измерений, относящихся к сфере государственного регулирования обеспечения единства измерений : постановление Правительства РФ от 16.11.2020 № 18478. Р 1323565.2.001-2018.
8. Измерители артериального давления неинвазивные. Методика поверки : рекомендации по метрологии : дата введения 2018-04-20 // Федеральное агентство по техническому регулированию и метрологии. Изд. официальное. М. : Стандартинформ, 2018. URL: <https://bihs.org.uk/bp-monitors/process-for-listing-of-validated-blood-pressure-monitors/> (дата обращения: 23.04.2025).

References

1. Ivanov S. Ju., Livshits N.I. Accuracy of blood pressure measurement by Korotkov tones in comparison with the oscillometric method. *Vestnik aritmologii = Bulletin of Arrhythmology*. 2005;(40):55–58. (In Russ.)
2. Geraschenko M. S., Geraschenko S.I., Geraschenko S.M. Development of a hydromanjet device for monitoring hemodynamic parameters. *Izmerenie. Monitoring. Upravlenie. Kontrol = Measurement. Monitoring. Management. Control*. 2016;(4):112–117. (In Russ.)
3. Moiseeva I.Ja., Geraschenko S.I., Geraschenko M.S., Vodopjanova O.A., Mitroshin A.N., Rodina O.P. Possibilities and prospects of methods and devices for measuring blood pressure. *Fundamentalnye issledovaniya = Basic research*. 2014;(10-1):166–169. (In Russ.)
4. Znajko G.G., Stulin I.D., Shvein A.A., Solovov V.Ju., Krasovskij V.E., Robinzon A.A. *Printsipy proektirovaniya kompjuterizovannyh diagnosticheskikh kompleksov dlja neinvazivnoj otsenki parametrov sistemy krovoobraschenija = Principles of designing computerized diagnostic complexes for noninvasive assessment of parameters of the circulatory system*. (In Russ.). Available at: <http://pandia.ru/text/80/014/25454.php>. 5. R 50.2.020–2002
5. The state system of ensuring the uniformity of measurements. Non-invasive mechanical sphygmomanometers. Verification procedure : recommendations on metrology : date of introduction 2002-02-18. *Federalnoe gosudarstvennoe unitarnoe predpriatie «Vserossijskij nauchno-issledovatel'skij institut optiko-fizicheskikh izmerenij» (FGUP VNIIOFI) Gosstandarta Rossii. Izd. Ofitsialnoe = Federal State Unitary Enterprise All-Russian Scientific Research Institute of Optical and Physical Measurements (FSUE VNIIOFI) Gosstandart of Russia. Official publishing house. Moscow: Gosstandart Rossii, 2002.* (In Russ.)
6. Geraschenko M. S., Geraschenko S.I., Geraschenko S.M. Estimation of the error of the hydromanjet tonometer. *Izmerenie. Monitoring. Upravlenie. Kontrol = Measurement. Monitoring. Management. Control*. 2016;(4):106–111. (In Russ.)
7. *Ob utverzhdenii perechnja izmerenij, odnosjaschihsja k sfere gosudarstvennogo regulirovaniya obespechenija edinstva izmerenij : postanovlenie Pravitelstva RF ot 16.11.2020 № 18478. R 1323565.2.001-2018 = On approval of the list of measurements related to the sphere of state regulation of ensuring the uniformity of measurements : Decree of the Government of the Russian Federation dated 11/16/2020 No. 18478. R 1323565.2.001-2018.* (In Russ.)
8. Blood pressure meters are non-invasive. Verification procedure : recommendations on metrology : date of introduction 2018-04-20. *Federalnoe agentstvo po tehničeskemu regulirovaniju i metrologii. Izd. Ofitsialnoe = Federal Agency for Technical Regulation and Metrology. Official publication.* Moscow: Standartinform, 2018. (In Russ.). Available at: <https://bihs.org.uk/bp-monitors/process-for-listing-of-validated-blood-pressure-monitors/> (accessed 23.04.2025).

Поступила в редакцию / Received 28.04.2025

Принята к публикации / Accepted 12.05.2025