

УДК 615.471.036:616

В.А. Лопата, канд. техн. наук, Ю.С. Синекон, канд. техн. наук, М-А.А. Эль Шебах

## Алгоритм и процедура калибровки в программном обеспечении спирометрической аппаратуры

Разработан унифицированный алгоритм обязательной калибровки спирометрической аппаратуры, предназначенный для использования в пакетах прикладного программного обеспечения спирометрии.

**A unified algorithm for mandatory calibration of spirometric equipment for use in application software on spirometry is developed.**

### Введение

Калибровка спирометра – ответственная процедура, определяющая метрологическую состоятельность прибора. Стандарт [1] именуется калибровку «процедурой установления отношений между величинами потока или объёма, определяемыми спирометром, и фактическими величинами потока или объёма» и рекомендует ежедневную калибровку (чтобы возможная проблема была выявлена в течение одного дня, а также для определения вариабельности измерений) или более частую, если это определено изготовителем. Такая регулярность поддерживается большинством специалистов [2-5].

Калибровка спирометров проводится поршневым калибратором объёмом 1-3 л, имеющим относительную погрешность воспроизведения объёмов в пределах  $\pm 1\%$  [5]. Погрешность измерений объёма спирометром при каждой воспроизводимой объёмной скорости потока должна находиться в нормированных пределах. При использовании одноразовых сенсоров потока калибруется каждый сменный сенсор.

### Основная часть

В современных микропроцессорных спирометрах процедуры калибровки должны реализовываться соответствующими пакетами прикладного программного обеспечения (ППО) [6]. Выполнение стандартов методического и метрологического обеспечения спирометрии требует включения в ППО спирометрии программно реализуемого режима калибровки, предусматривающего:

- отражение на дисплее процесса калибровки, а по его завершении – калибровочного коэффициента и его оценки;
- автоматическую коррекцию по результатам калибровки с целью приведения погрешно-

сти спирометра к нормированным величинам в пределах  $\pm 3\%$ ;

- регистрацию результатов калибровки;
- программную и аппаратную коррекцию измерительного канала;
- запрет на проведение исследования без калибровки и напоминание о необходимости её повторения;
- формирование стандартного датированного протокола калибровки;
- блокировку работы спирометра при отсутствии калибровки или её отрицательном результате;
- повторные калибровки и контроль качества спирометра после замены его узлов и деталей или перемещений (например, к изготовителю).

Алгоритм работы блока калибровки, разработанный нами для унифицированного программного обеспечения спирометрии SpiroWind (рис. 1), реализует следующие процедуры:

1. Установку нормированного объёма калибратора – от 1 до 3 л.

2. Выполнение трёх последовательных маневров калибровки подачей в спирометр нормированного объёма воздуха из калибратора (режим «выдох») и отбором этого объёма калибратором из спирометра (режим «вдох»).

3. Обработку результатов калибровки – расчёты средней величины измерения нормированного объёма, среднеквадратичного отклонения этой величины и коэффициента коррекции.

4. Оценку результатов калибровки по величине коэффициента коррекции: если она в пределах  $1,00 \pm 0,02$ , то калибровка завершена, формируется её протокол (рис.2) и начинается процесс спирометрических измерений; если она выходит за пределы  $1,00 \pm 0,02$ , то начинается процесс повторной калибровки в соответствии с пп. 2 и 3.

5. Оценку результатов повторной калибровки по величине коэффициента коррекции: если она в пределах  $1,00 \pm 0,02$ , то калибровка завершена, формируется её протокол и начинается процесс спирометрических измерений; если она выходит за пределы  $1,00 \pm 0,02$ , то измерения блокируются, а в протоколе отмечается непригодность спирометра к дальнейшей эксплуатации.

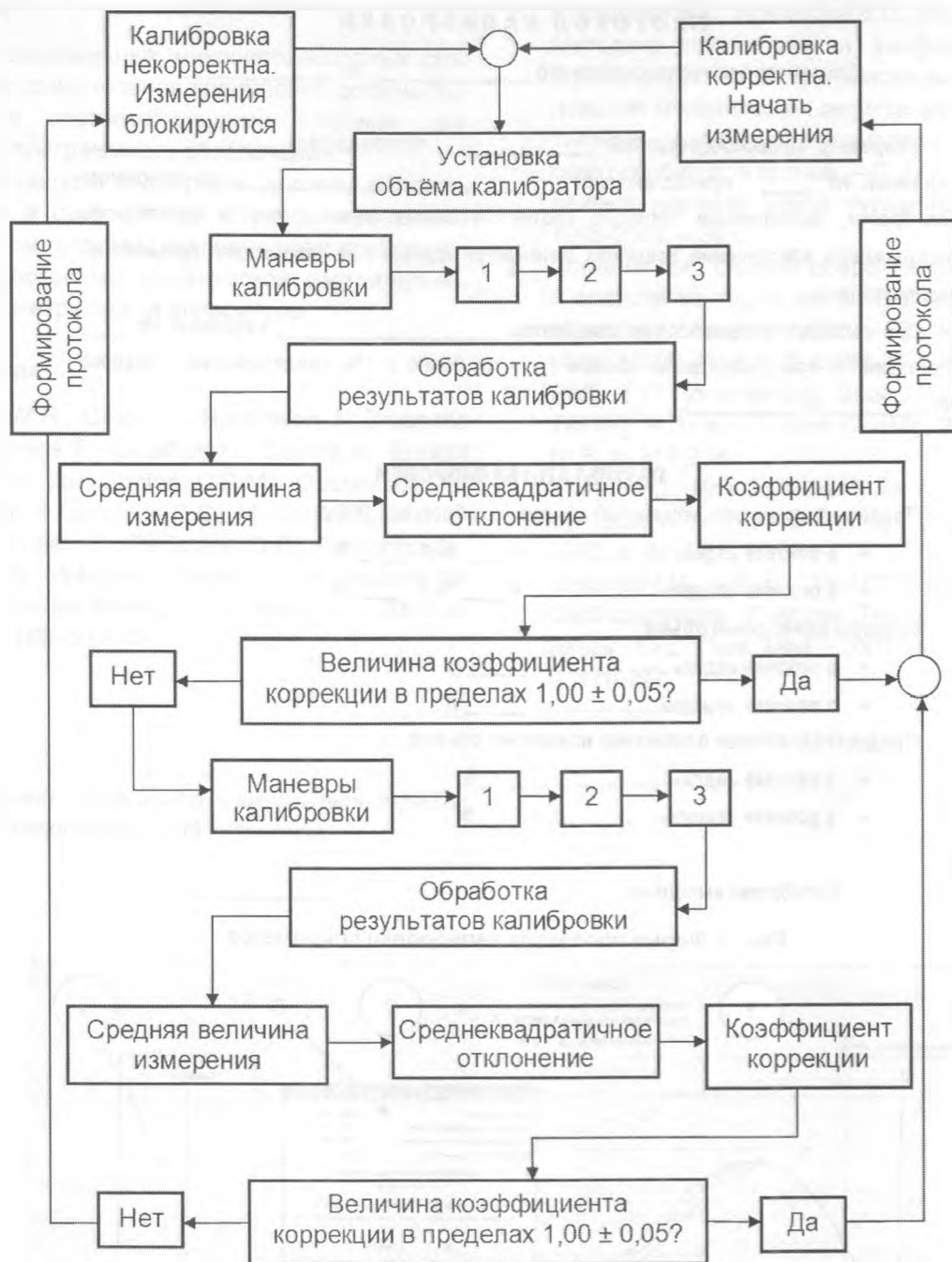


Рис. 1. Алгоритм работы блока калибровки пакета ППО SpiroWind

На рис. 3 приведена экранная форма, отображающая процедуру калибровки спирометра. Цифрами на рисунке обозначены:

1. Клавиша меню установки нормированного объема калибратора.

2. Вывод параметров выполняемой процедуры.

3. Клавиши управления процедурой калибровки: «СТАРТ» - начало выполнения маневра; «Коррекция» - подтверждение ввода коэффициента коррекции измерительного канала спирометра; «Повтор» - повторение маневра при сбое в его выполнении; «РЕЖИМ» - выбор калибровки в режиме «вдох» или «выдох».

4. Графическое отображение маневров калибровки в координатной сетке «поток-объем».

5. Графическое отображение относительной погрешности измерения спирометром нормированного объема воздуха для трёх маневров калибровки.

6. Окно анализа результатов калибровки с указанием рассчитанных средней величины измеренного объема, среднеквадратичного отклонения этой величины и коэффициента коррекции. Эти результаты вносятся в протокол калибровки (рис. 2).

## ПРОТОКОЛ КАЛИБРОВКИ

Спирометра микропроцессорного \_\_\_\_\_, от \_\_\_\_\_

Спирометр микропроцессорный \_\_\_\_\_, производства \_\_\_\_\_, серийный № \_\_\_\_\_, принадлежащий \_\_\_\_\_, на основании калибровки, выполненной согласно соответствующему режиму пакета прикладного программного обеспечения SpiroWind, признается годным / не годным для дальнейшей эксплуатации

При калибровке использован калибратор \_\_\_\_\_, серийный № \_\_\_\_\_ (погрешность воспроизведения объема 1 л - не более  $\pm 1\%$ , свидетельство о поверке № \_\_\_\_\_ от \_\_\_\_\_).

### РЕЗУЛЬТАТЫ КАЛИБРОВКИ

Пределы погрешности измерений объема калибровки (1,000 л)

- в режиме «вдох» ..... + \_\_\_\_\_ % // - \_\_\_\_\_ %
- в режиме «выдох» ..... + \_\_\_\_\_ % // - \_\_\_\_\_ %

Средний измеренный объем:

- в режиме «вдох» ..... \_\_\_\_\_ л
- в режиме «выдох» ..... \_\_\_\_\_ л

Среднеквадратичное отклонение измерения объема

- в режиме «вдох» ..... \_\_\_\_\_ %
- в режиме «выдох» ..... \_\_\_\_\_ %

Калибровку выполнил \_\_\_\_\_

Рис. 2. Форма протокола калибровки спирометра

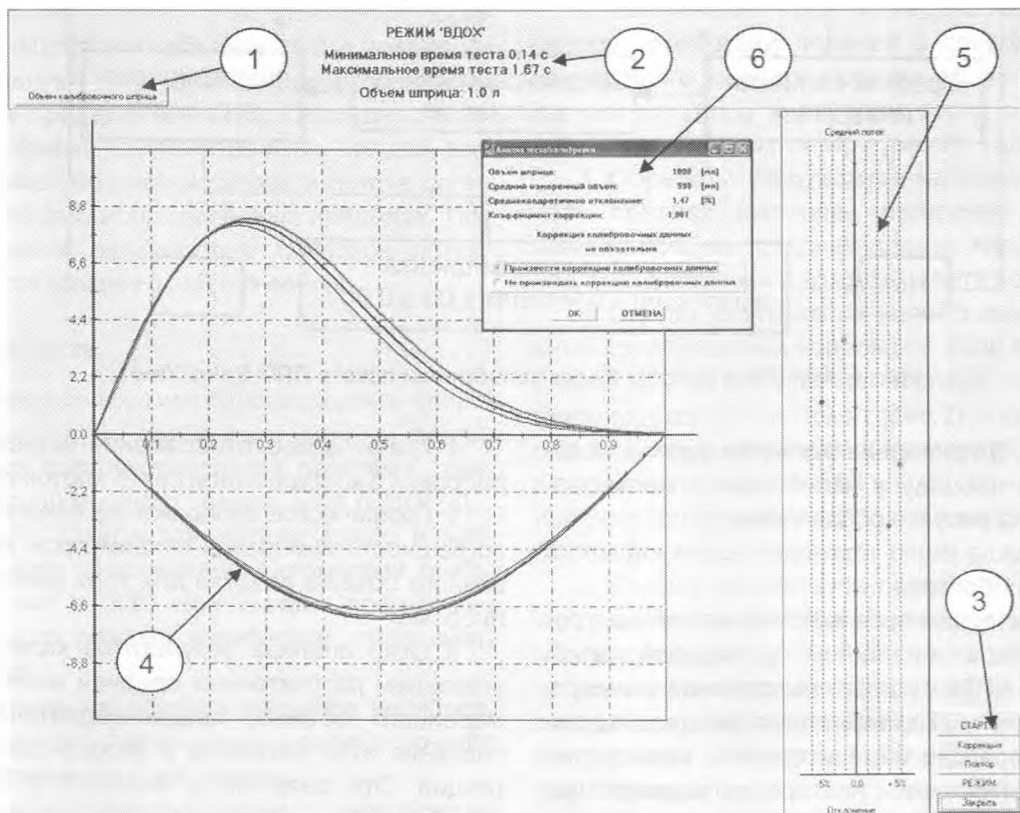


Рис. 3. Отображение процедуры калибровки на дисплее

## Выводы

1. В современных микропроцессорных спирометрах обязательная калибровка должна выполняться соответствующими блоками прикладного программного обеспечения.

2. Процедуры калибровки должны реализовываться в соответствии с унифицированным алгоритмом, соответствующим всем требованиям стандартов метрологической состоятельности спирометрической аппаратуры.

## Литература

1. *Miller M.R., Crapo R., Hankinson J., Brusasco V., Burgos F., Casaburi R., Coates A., Enright P., van der Grinten C.P.M., Gustafsson P., Jensen R., Johnson D.C., MacIntyre N., McKay R., Navajas D., Pedersen O.F., Pellegrino R., Viegi G., Wanger J.* General considerations for lung function testing. – *Eur. Respir. J.*, 2005, v. 26, p. 153–161
2. *Кузнецова В.К., Аганезова Е.С., Яковлева Н.Г.* Методика проведения и унифицированная оценка результатов функционального исследования механических свойств аппарата вентиляции на основе спирометрии. Методическое пособие для врачей. – С.-Пб.: Государственный научный центр пульмонологии РФ, 1996-2001. – 39 с.
3. *Лопата В.А.* Оценка современных методов и средств контроля метрологических характеристик спирометров. - *Электроника и связь*, 2000, № 8, т. 2, с.188-190
4. *Petty T.L.* Commentary: Quality of Spirometry Testing. – *Amer. J. Med. Quality*, 2001, v. 16, № 6, p. 216-218
5. *Enright P.L.* How to Make Sure Your Spirometry Tests Are of Good Quality. *Respir. Care*, 2003, v. 48, № 8, p. 773–776.
6. *Weisman I.M.* (editor) ATS/ACCP Statement on Cardiopulmonary Exercise Testing. – *Am. J. Respir. Crit. Care Med.*, 2003, v. 167, № 1, p. 211–277

Национальный технический университет Украины  
«Киевский политехнический институт»