

А.И. Сойко

## АНАЛИЗ ТОЧНОСТИ ИЗМЕРЕНИЯ УСТАНОВОК ДЛЯ ПОВЕРКИ ИЗМЕРИТЕЛЕЙ АРТЕРИАЛЬНОГО ДАВЛЕНИЯ И ЧАСТОТЫ ПУЛЬСА

### Аннотация

В статье описаны установки для комплектной автоматизированной поверки измерителей артериального давления (ИАД), приведен сравнительный анализ точности измерительных каналов давления и частоты пульса.

### Общие сведения

Разработка установок для поверки и калибровки цифровых измерительных приборов артериального давления, использующих одновременное и взаимосвязанное воспроизведение размеров единиц давления и частоты пульса, является одной из важных научно-технических задач. Установки, использующие комплектный способ поверки таких приборов, должны обеспечивать точность измерений, соответствующую требованиям национальных и международных стандартов [1], [2].

Целью настоящего исследования является теоретический анализ точности универсальных устройств, предназначенных для комплектной автоматизированной поверки средств измерений артериального давления и частоты пульса.

Комплектный подход к поверке измерителей артериального давления (ИАД) имеет ряд преимуществ, среди которых увеличение производительности поверочных работ, определение метрологических характеристик ИАД, присущих ему как единому целому, и т. д. Еще одним немаловажным достоинством рассматриваемых поверочных установок является возможность их использования для поверки ИАД с манжетами на запястье [3], [4].

Рассматриваются две разновидности поверочных установок с двумя измерительными модулями, которые используются для поверки ИАД с манжетами как на плечо, так и на запястье:

- 1) установка для поверки ИАД с последовательным расположением измерительных модулей на плечо и запястье (рис. 1а);
- 2) установка для поверки ИАД с параллельным расположением измерительных модулей на плечо и запястье (рис. 1б).

Измеряемые величины давления  $P$  и частоты пульса  $f$  подаются с блока управления 10 на источник пульсаций давления 1, представляющий собой насос 3 и генератор расхода 2, создающий модулированный сигнал по амплитуде и частоте и установленный в точке разветвления трубопровода и байпасной линии. При этом колебания происходят на параллельных участках гидравлического трак-

та колебательного контура, в которых последовательно или параллельно установлены два измерительных модуля 1 и 2. Параллельные участки гидравлического тракта образуют измерительный и байпасный каналы соответственно. Частота пульсаций обуславливается скоростью вращения ротора генератора, а амплитуды – величиной расхода [7]. Измерительные модули 4 и 5 представляют собой сенсорные участки в виде двух эластичных цилиндров 6 и 15, в которых размещены эластичные трубки, имитирующие артерии руки человека 7 и 14 соответственно [8]. Контроль давления в измерительном модуле осуществляется рабочими эталонами давления и частоты 8 и 19, представляющими собой датчик избыточного давления «МИДА» с верхним пределом измерений 40 кПа и погрешностью 0,15 % и частотомер ЧЗ-63/1 с погрешностью  $\pm 5 \cdot 10^{-7}$ . Поддержание стабильных параметров давления в измерительных модулях 4 и 5 осуществляется регуляторами давления 9 и 18 соответственно, а во всей измерительной системе – регулятором 11.

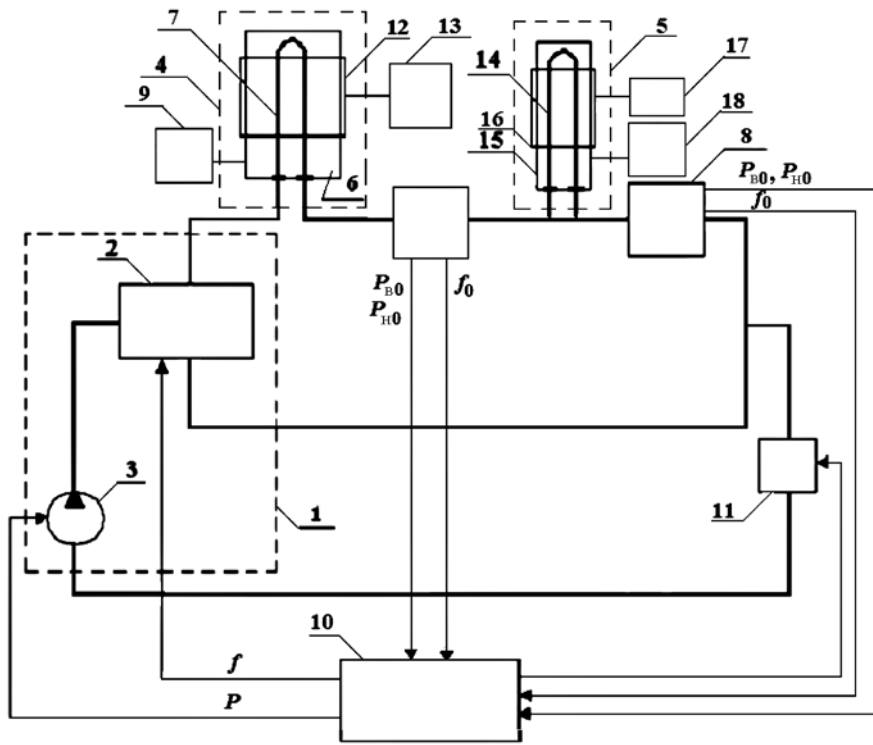
Измерительный модуль 4 используется для поверки цифровых ИАД 13 с манжетами на плечо 12, измерительный модуль 5 – для поверки цифровых ИАД 17 с манжетами на запястье 16. Рассматриваемые поверочные установки позволяют за одну операцию поверки сличить показания поверяемого ИАД с манжетой на плечо ( $P_{e1}, P_{n1}, f_1$ ) и/или ИАД с манжетой на запястье ( $P_{e2}, P_{n2}, f_2$ ) с эталонными значениями, воспроизведенными поверочными установками ( $P_{e0}, P_{n0}, f_0$ ).

### Математические модели поверочных установок в форме статической характеристики

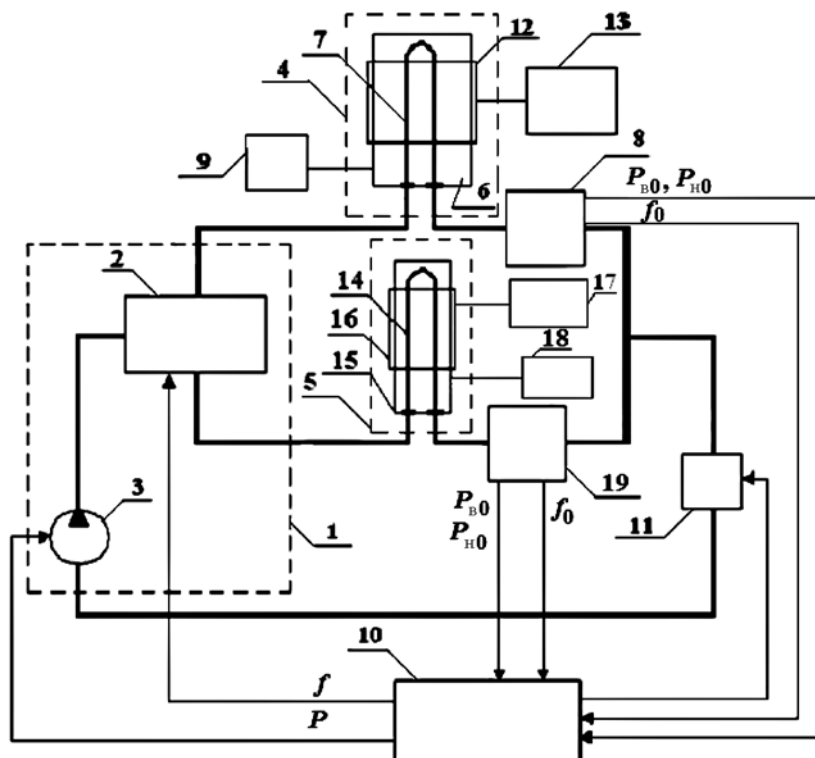
Теоретическая оценка точности и анализ погрешности измерительных каналов поверочной установки представлены с позиции рассмотрения статических характеристик гидравлически связанных звеньев, входящих в ее состав (рис. 2).

На рис. 2 введены следующие обозначения:

$PO_1, PO_2$  – регулирующие органы для изменения расхода жидкости;



а)



б)

Рис. 1. Установки для комплектной поверки ИАД: а) с последовательным расположением двух измерительных модулей [5]; б) с параллельным расположением двух измерительных модулей [6]

$P_0$  – начальное давление, задаваемое с блока управления;

$P_1, P_2, P_{02}, P_3, P_{03}, P_4, P_{04}, P_5, P_6$  – выходные параметры давления рассматриваемых звеньев;

$P_{зад}$  – заданное значение регулируемой переменной, которое должно поддерживаться регулятором;

$\Delta_1, \Delta_2, \Delta_3, \Delta_4, \Delta_5, \Delta_6$  – погрешности звеньев, приведенных к их выходу, при этом  $\Delta_3, \Delta_{03}, \Delta_5$  – сигналы рассогласования (ошибки) первого и второго измерительного модулей, определяемые как

$$\begin{cases} \Delta_3 = P_{зад} - P_3; \\ \Delta_{03} = P_{зад} - P_{03}; \\ \Delta_5 = P_{зад} - P_5. \end{cases}$$

Выходная величина каждого отдельно взятого звена может быть представлена в виде

$$P = P_{ном} + \Delta_p, \quad (1)$$

где  $P_{ном}$  – часть выходного сигнала, определяемого входной величиной и номинальной функцией преобразования;  $\Delta_p$  – абсолютная погрешность на выходе отдельного преобразователя.

Давление, создаваемое насосом, можно представить в виде

$$P_1 = P_{1ном} + \Delta_1 = K_n \cdot P_0 + \Delta_1, \quad (2)$$

где  $K_n = \partial P_1 / \partial P_0$  – коэффициент преобразования звена;  $\Delta_1$  – абсолютная погрешность, определяемая характеристиками насоса.

В общем погрешность отдельных звеньев  $\Delta_p$  в формуле (1) учитывается в виде аддитивной и мультипликативной составляющих. Аддитивная погрешность  $\Delta_a$  постоянна во всем диапазоне измерений и не зависит от величины входного сигнала. Мультипликативная составляющая проявляется в отличии коэффициента преобразования от идеальной передаточной характеристики, при этом формулу (2) можно представить в виде

$$P_1 = K_n \cdot P_0 + \Delta_1 = K_n \cdot P_0 + \Delta K_n \cdot P_0 + \Delta_a, \quad (3)$$

где  $\Delta K_n = K_n' - K_n$ ;  $K_n'$  – идеальная переходная характеристика звена;  $\Delta K_n \cdot P_0$  – мультипликативная погрешность преобразования давления.

Принимая, что погрешность первого звена учитывается на погрешность последующего звена (генератора расхода), результат измерения давления на выходе генератора расхода можно определить как

$$P_2 = P_{2ном} + K_z \cdot \Delta_1 + \Delta_2 = K_n \cdot K_z \cdot P_0 + \frac{\partial P_2}{\partial P_1} \cdot \Delta_1 + \Delta_2, \quad (4)$$

где  $K_z = \partial P_2 / \partial P_1$  – коэффициент преобразования генератора расхода;  $\Delta_2$  – абсолютная погрешность на выходе генератора расхода.

Выходная величина первого измерительного модуля

$$P_3 = K_n \cdot K_z \cdot K_{м1} \cdot P_0 + \frac{\partial P_2}{\partial P_1} \cdot \frac{\partial P_3}{\partial P_2} \Delta_1 + \frac{\partial P_3}{\partial P_2} \Delta_2 + \Delta_3. \quad (5)$$

Учитывая параллельное подсоединение к измерительному модулю регулятора давления, обеспе-

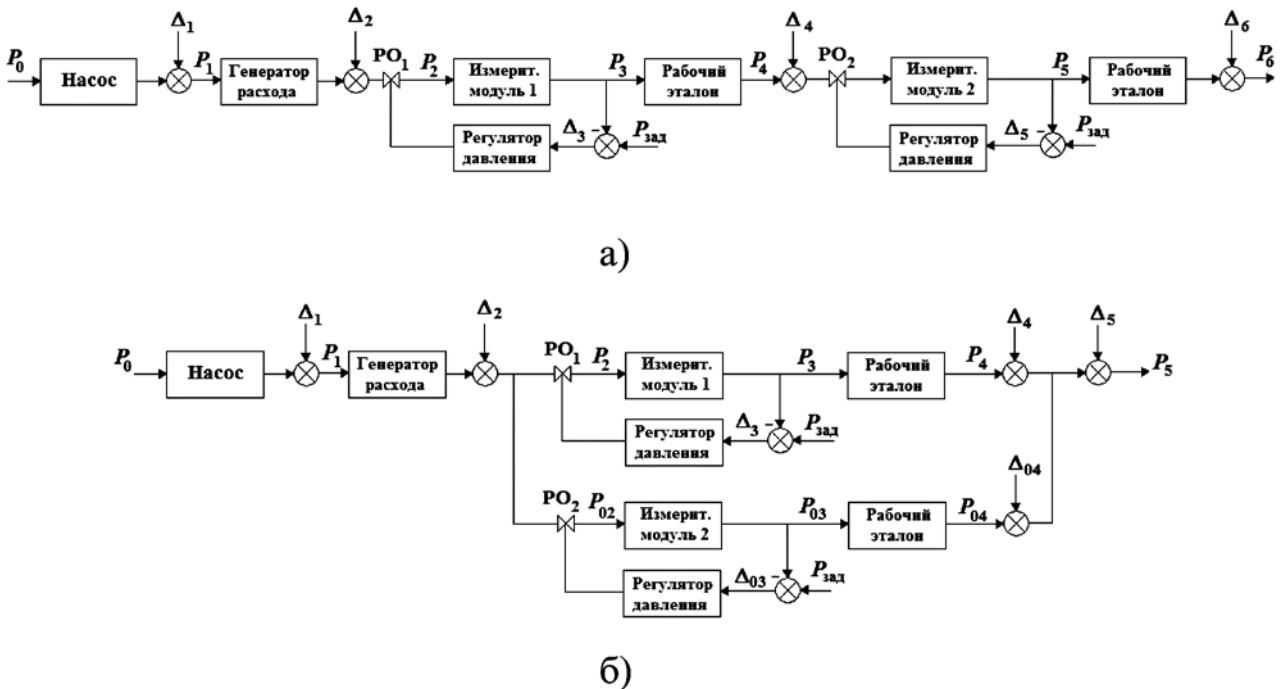


Рис. 2. Структурные схемы измерительных каналов давления поверочных установок: а) с последовательным соединением измерительных модулей; б) с параллельным соединением измерительных модулей

чивающего стабильное поддержание в нем давления, выражение (5) можно переписать в виде

$$P_3 = \frac{K_n \cdot K_z \cdot K_{m1} \cdot K_{p1}}{1 + K_{m1} \cdot K_{p1}} \cdot P_0 + \frac{\partial P_2}{\partial P_1} \cdot \frac{\partial P_3}{\partial P_2} \Delta_1 + \frac{\partial P_3}{\partial P_2} \Delta_2 + \frac{(\partial P_3 / \partial P_2)(P_{зад} - P_3)}{1 + (\partial P_3 / \partial P_2)[(P_{зад} - P_3) / P_3]}, \quad (5)$$

где  $K_{m1}$  – коэффициент преобразования первого измерительного модуля;  $K_{p1} = \Delta_3 / P_3 = (P_{зад} - P_3) / P_3$  – коэффициент преобразования регулятора давления.

Давление на выходе рабочего эталона давления  $P_4$  первого измерительного модуля

$$P_4 = \frac{K_n \cdot K_z \cdot K_{m1} \cdot K_{p1}}{1 + K_{m1} \cdot K_{p1}} \cdot P_0 + \frac{\partial P_2}{\partial P_1} \cdot \frac{\partial P_3}{\partial P_2} \cdot \frac{\partial P_4}{\partial P_3} \Delta_1 + \frac{\partial P_3}{\partial P_2} \cdot \frac{\partial P_4}{\partial P_3} \Delta_2 + \frac{\partial P_4}{\partial P_3} \cdot \frac{(\partial P_3 / \partial P_2)(P_{зад} - P_3)}{1 + (\partial P_3 / \partial P_2)[(P_{зад} - P_3) / P_3]} + \Delta_4, \quad (7)$$

где  $K_{p1}$  – коэффициент преобразования первого рабочего эталона давления;

$$\frac{\gamma_1 \cdot X_N}{100 \%} = \Delta_4$$

– абсолютная погрешность первого рабочего эталона давления;  $\gamma_1$  – класс точности рабочего эталона давления;  $X_N$  – нормирующее значение рабочего эталона давления.

Перепишем выражение (7) в виде

$$P_4 = \frac{K_n \cdot K_z \cdot K_{m1} \cdot K_{p1}}{1 + K_{m1} \cdot K_{p1}} \cdot P_0 + \frac{\partial P_4}{\partial P_1} \Delta_1 + \frac{\partial P_4}{\partial P_2} \Delta_2 + \frac{\partial P_4}{\partial P_2} \frac{P_{зад} - P_3}{1 + (\partial P_3 / \partial P_2)[(P_{зад} - P_3) / P_3]} + \frac{\gamma_1 \cdot X_N}{100}.$$

По аналогии с расчетом давления первого измерительного модуля (6) можно получить выходное давление второго измерительного модуля  $P_5$ :

$$P_5 = \frac{K_n \cdot K_z \cdot K_{m1} \cdot K_{p1} \cdot K_{m2}}{(1 + K_{m1} \cdot K_{p1})(1 + K_{m2} \cdot K_{p2})} \cdot P_0 + \frac{\partial P_5}{\partial P_1} \Delta_1 + \frac{\partial P_5}{\partial P_2} \Delta_2 + \frac{(\partial P_5 / \partial P_2)(P_{зад} - P_3)}{1 + (\partial P_3 / \partial P_2)[(P_{зад} - P_3) / P_3]} + \frac{\partial P_5}{\partial P_4} \frac{\gamma_1 \cdot X_N}{100} + \frac{(\partial P_5 / \partial P_4)(P_{зад} - P_5)}{1 + (\partial P_5 / \partial P_4)[(P_{зад} - P_5) / P_5]},$$

где  $K_{m2}$  – коэффициент преобразования второго измерительного модуля;  $K_{p2} = \Delta_5 / P_5$  – коэффициент преобразования на выходе второго измерительного модуля.

При последовательном соединении измерительных модулей (рис. 1а) суммарное давление  $P_6$  на выходе измерительного канала давления с учетом погрешности рассмотренных звеньев запишется в виде

$$P_6 = \frac{K_n \cdot K_z \cdot K_{m1} \cdot K_{p1} \cdot K_{m2} \cdot K_{p2}}{(1 + K_{m1} \cdot K_{p1})(1 + K_{m2} \cdot K_{p2})} \cdot P_0 + \frac{\partial P_6}{\partial P_1} \Delta_1 + \frac{\partial P_6}{\partial P_2} \Delta_2 + \frac{(\partial P_6 / \partial P_2)(P_{зад} - P_3)}{1 + (\partial P_3 / \partial P_2)[(P_{зад} - P_3) / P_3]} + \frac{\partial P_6}{\partial P_4} \frac{\gamma_1 \cdot X_N}{100} + \frac{(\partial P_6 / \partial P_4)(P_{зад} - P_5)}{1 + (\partial P_5 / \partial P_4)[(P_{зад} - P_5) / P_5]} + \frac{\gamma_2 \cdot X_N}{100}, \quad (8)$$

где  $K_{p2}$  – коэффициент преобразования второго рабочего эталона давления;

$$\frac{\gamma_2 \cdot X_N}{100} = \Delta_6$$

– абсолютная погрешность второго рабочего эталона давления;

$\gamma_2$  – класс точности второго эталона давления.

Таким образом, из формулы (8) выразим номинальное давление на выходе измерительного канала давления при последовательном соединении измерительных модулей

$$P_{ном} = \frac{K_n \cdot K_z \cdot K_{m1} \cdot K_{p1} \cdot K_{m2} \cdot K_{p2}}{(1 + K_{m1} \cdot K_{p1})(1 + K_{m2} \cdot K_{p2})} \cdot P_0. \quad (9)$$

Погрешность измерительного канала давления при последовательном соединении измерительных модулей (рис. 2а) запишется в виде

$$\Delta_p = \frac{\partial P_6}{\partial P_1} \Delta_1 + \frac{\partial P_6}{\partial P_2} \Delta_2 + \frac{(\partial P_6 / \partial P_2)(P_{зад} - P_3)}{1 + (\partial P_3 / \partial P_2)[(P_{зад} - P_3) / P_3]} + \frac{(\partial P_6 / \partial P_4)(P_{зад} - P_5)}{1 + (\partial P_5 / \partial P_4)[(P_{зад} - P_5) / P_5]} + \frac{\gamma \cdot P_N}{100} \left( \frac{\partial P_6}{\partial P_4} + 1 \right). \quad (10)$$

Таким образом, выражения (9)-(10) позволяют определить номинальное давление, а также произвести оценку погрешности измерительного канала давления с последовательным расположением измерительных модулей.

Поскольку регуляторы давления обеспечивают поддержание регулируемой переменной на заданном уровне при колебаниях возмущающих воздействий в определенных пределах, регулирование давления в измерительных модулях осуществляется до практически полного устранения ошибки; полагаем  $\Delta_3 = 0$  и  $\Delta_5 = 0$ .

Переходя к относительной форме записи формулы (10), получим формулу для определения погрешности канала давления в виде

$$\delta_p = \frac{\partial P_6}{\partial P_1} \delta_{p1} + \frac{\partial P_6}{\partial P_2} \delta_{p2} + \left( \frac{\partial P_6}{\partial P_4} + 1 \right) \delta_{p3}, \quad (11)$$

где  $\delta_{p3}$  – относительная погрешность используемого эталона давления.

Для учета всех перечисленных составляющих погрешности канала давления (без учета их знака) запишем его относительную погрешность (11) в следующем виде:

$$\delta_p = \sqrt{\left(\frac{\partial P_6}{\partial P_1} \delta_{p1}\right)^2 + \left(\frac{\partial P_6}{\partial P_2} \delta_{p2}\right)^2 + \left(\left(\frac{\partial P_6}{\partial P_4} + 1\right) \delta_{p3}\right)^2} \leq 0,25 \%. \quad (12)$$

Формула (12) дает максимально возможную оценку погрешности канала давления установки с последовательным соединением измерительных модулей для поверки ИАД с манжетами на плечо и на запястье. Наибольший вклад в погрешность  $\delta_p$  вносит последнее слагаемое, обусловленное инструментальной составляющей погрешности измерения артериального давления. Влияние первых двух составляющих мало ввиду компенсации давления в измерительных модулях. Данная погрешность в вероятностном смысле ограничена сверху предельным значением  $\delta_p \leq 0,25 \%$  и обусловлена, во-первых, допускаемыми погрешностями применяемых эталонов давления, во-вторых, суммированием погрешностей измерительных модулей для поверки ИАД с манжетами на плечо и на запястье при последовательном их расположении.

Аналогичным образом можно произвести оценку точности измерения при параллельном соединении измерительных модулей (рис. 2б). Номинальные давления на выходе измерительных модулей при параллельном соединении измерительных модулей для поверки ИАД с манжетами на плечо и на запястье

$$P_{4ном} = K_n \cdot K_z \cdot \frac{K_{m1} \cdot K_{э1}}{1 + K_{m1} \cdot K_{p1}} \cdot P_0;$$

$$P_{04ном} = K_n \cdot K_z \cdot \frac{K_{m2} \cdot K_{э2}}{1 + K_{m2} \cdot K_{p2}} \cdot P_0,$$

где  $P_{4ном}$ ,  $P_{04ном}$  – номинальное давление в измерительном и байпасном каналах соответственно.

Переходя к относительной форме записи погрешности, можно рассмотреть погрешность каждого измерительного модуля, ограниченную сверху предельными значениями  $\delta_{p1} \leq 0,15 \%$  и  $\delta_{p2} \leq 0,15 \%$  соответственно:

$$\delta_{p1} = \sqrt{\left[\left(\frac{\partial P_4/\partial P_1}{1 + \partial P_3/\partial P_2}\right) \delta_{p1}\right]^2 + \left[\left(\frac{\partial P_4/\partial P_2}{1 + \partial P_3/\partial P_2}\right) \delta_{p2}\right]^2} + \delta_{p3}^2 \leq 0,15 \%; \quad (13)$$

$$\delta_{p2} = \sqrt{\left[\left(\frac{\partial P_{04}/\partial P_1}{1 + \partial P_{03}/\partial P_{02}}\right) \delta_{p1}\right]^2 + \left[\left(\frac{\partial P_{04}/\partial P_2}{1 + \partial P_{03}/\partial P_{02}}\right) \delta_{p2}\right]^2} + \delta_{p_{03}}^2 \leq 0,15 \%. \quad (14)$$

Таким образом, по формулам (13)-(14) можно определить максимально возможную статическую погрешность измерения в двух измерительных модулях, используемых для поверки ИАД с манжетами на плечо и на запястье. При параллельном расположении измерительных модулей погрешность в вероятностном смысле ограничена сверху предельным значением  $\delta_p \leq 0,15 \%$  и обусловлена допускаемыми погрешностями применяемых эталонов давления в измерительных модулях поверочной установки.

Рассмотрим погрешность измерительного канала частоты поверочных установок с последовательным (рис. 3а) и параллельным (рис. 3б) соединением преобразователей.

На рис. 3 введены следующие обозначения:

$f_0$  – частота генератора расхода, задаваемая с блока управления;

$f_1, f_{01}, f_2, f_{02}, f_3, f_{03}, f_4, f_5$  – выходные частоты рассматриваемых звеньев;

$\Delta_1, \Delta_2, \Delta_3, \Delta_4, \Delta_5$  – погрешности звеньев, приведенных к их выходу.

Выходная величина каждого преобразователя может быть представлена в виде

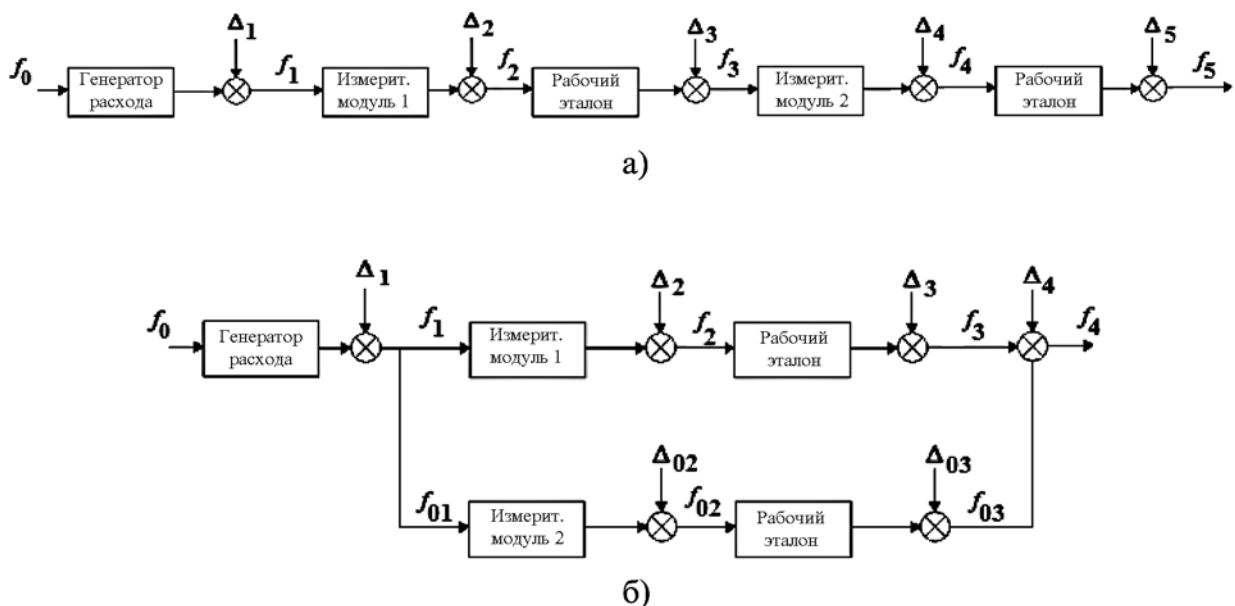


Рис. 3. Измерительный канал частоты: а) с последовательным соединением измерительных модулей; б) с параллельным соединением измерительных модулей

Основные метрологические характеристики	Установка с последовательным соединением измерительных модулей	Установка с параллельным соединением измерительных модулей
Диапазон измерения давления, мм рт. ст.	0...300	0...300
Диапазон измерения частоты пульса, Гц	0,5...4,0	0,5...4,0
Относительная погрешность измерительного канала давления, %	0,25	0,15
Относительная погрешность измерительного канала частоты, %	1,5	1,5

$$f = f_{ном} + \Delta_f$$

где  $f_{ном}$  – часть выходного сигнала, определяемая входной величиной и номинальной функцией преобразования;  $\Delta_f$  – абсолютная погрешность на выходе преобразователя.

Номинальная частота на выходе измерительного канала частоты при последовательном соединении измерительных модулей 1 и 2

$$f_{5ном} = K_2 \cdot K_{м1} \cdot K_{м2} \cdot K_{э1} \cdot K_{э2} \cdot f_0$$

а его погрешность

$$\Delta f_5 = \frac{\partial f_5}{\partial f_1} \Delta_1 + \frac{\partial f_5}{\partial f_2} \Delta_2 + \frac{\partial f_5}{\partial f_3} \Delta_3 + \frac{\partial f_5}{\partial f_4} \Delta_4 + \Delta_5. \quad (15)$$

Представим выражение (15) в относительной форме:

$$\delta_f = \sqrt{\left(\frac{\partial f_5}{\partial f_1} \delta_{f1}\right)^2 + \left(\frac{\partial f_5}{\partial f_2} \delta_{f2}\right)^2 + \left(\frac{\partial f_5}{\partial f_3} \delta_{f3}\right)^2 + \left(\frac{\partial f_5}{\partial f_4} \delta_{f4}\right)^2} + \delta_{f5}^2 \leq 1,5 \%. \quad (16)$$

При параллельном соединении измерительных модулей частота на выходе измерительного и байпасного каналов поверочной установки определяется как

$$f_{4ном} = f_3 + f_{03},$$

где  $f_3$  – частота на выходе измерительного канала;  $f_{03}$  – частота на выходе байпасного канала.

Аналогично для параллельного соединения измерительных модулей

$$f_3 = K_2 \cdot K_{м1} \cdot K_{э1} \cdot f_0 + K_2 \cdot K_{э1} \cdot \Delta_1 + K_{э1} \cdot \Delta_2 + \Delta_3;$$

$$f_{03} = K_2 \cdot K_{м2} \cdot K_{э2} \cdot f_0 + K_2 \cdot K_{э2} \cdot \Delta_1 + K_{э2} \cdot \Delta_2 + \Delta_{03}.$$

Номинальная частота на выходе измерительного канала частоты при параллельном соединении измерительных модулей на плечо и на запястье

$$f_{ном} = (K_2 \cdot K_{м1} \cdot K_{э1} + K_2 \cdot K_{м2} \cdot K_{э2}) \cdot f_0,$$

а его погрешность

$$\Delta_f = \left(\frac{\partial f_3}{\partial f_1} + \frac{\partial f_{03}}{\partial f_1}\right) \Delta_1 + \frac{\partial f_3}{\partial f_2} \Delta_2 + \frac{\partial f_{03}}{\partial f_{02}} \Delta_{02} + \Delta_3 + \Delta_{03}.$$

Относительную погрешность измерительного канала частоты на выходе измерительных модулей определим как

$$\delta_{f1} = \sqrt{\left(\frac{\partial f_3}{\partial f_1} \delta_{f1}\right)^2 + \left(\frac{\partial f_3}{\partial f_2} \delta_{f2}\right)^2} + \delta_{f3}^2 \leq 1,5 \%; \quad (17)$$

$$\delta_{f2} = \sqrt{\left(\frac{\partial f_{03}}{\partial f_1} \delta_{f1}\right)^2 + \left(\frac{\partial f_{03}}{\partial f_{02}} \delta_{f02}\right)^2} + \delta_{f03}^2 \leq 1,5 \%. \quad (18)$$

Данные погрешности (16)-(18) ограничены предельным допустимым значением  $\delta_f \leq 1,5 \%$ , обусловленным применяемыми эталонными средствами.

Описанные модели поверочных установок в форме статической характеристики были использованы при оценке метрологических свойств универсальных установок для комплектной автоматизированной поверки ИАД с плечевыми и запястными манжетами. Основные технические характеристики представлены в табл. 1.

## Заключение

В данной статье представлен сравнительный теоретический анализ точности измерительных каналов давления и частоты пульса с двумя измерительными модулями, которые используются для поверки ИАД с манжетами как на плечо, так и на запястье. Расчет основной погрешности измерительного канала заключается в приведении к выходу канала отдельных составляющих основной погрешности и последующему их суммированию.

При параллельном соединении погрешности измерительных модулей не влияют друг на друга и определяются отдельно при поверке ИАД с манжетами на плечо и на запястье ( $\delta_p \leq 1,5 \%$ ). При последовательном расположении измерительных модулей суммарная погрешность измерительных каналов давления и частоты оказывается выше и складывается из отдельных составляющих погрешностей измерительных модулей ( $\delta_p \leq 2,5 \%$ ).

Погрешность измерения давления и частоты рассматриваемыми поверочными установками в вероятностном смысле ограничена сверху предельным значением 0,25 %, а по частоте – 1,5 %, что соответствует требованиям национальных и международных стандартов.

Экспериментальные исследования и оценка динамических свойств поверочных установок, планируемые к реализации в рамках проведения научных исследований по гранту Президента РФ для государственной поддержки молодых российских ученых № МК-6303.2010-08, дадут объективную оценку точности измерения ими рассматриваемых величин.

*Список литературы:*

1. Р 50.2.032-2004 ГСИ. Измерители артериального давления неинвазивные. Методика поверки.
2. МОЗМ R 16-2 Non-invasive automated sphygmomanometers. 2002.
3. *Сойко А.И., Гогин В.А., Каратаев Р.Н., Ксенофопова Н.М.* Современное состояние вопроса применения эталонных установок для поверки средств измерений артериального давления и частоты сердечных сокращений // Законодательная и прикладная метрология. 2007. № 4. С. 65-70.
4. *Сойко А.И., Каратаев Р.Н.* Поверочные установки измерителей артериального давления с использованием генераций пульсирующих потоков. – Казань: Отечество, 2009. 132 с.
5. *Каратаев Р.Н., Сойко А.И., Сеницын И.Н. и др.* Поверочное устройство для автоматизированных сфигмоманометров / Пат. № 81886, РФ, МПК А61В 5/22, G01L 25/00. Заявитель и патентообладатель КГТУ им. А.Н. Туполева, № 2008144562; заявл. 11.11.08; опубл. 10.04.2009. Бюл. № 10.
6. *Каратаев Р.Н., Сойко А.И., Сеницын И.Н. и др.* Устройство для поверки автоматизированных сфигмоманометров / Пат. № 2393758 РФ, МПК А61В 5/00, А61В 5/22. Заявитель и патентообладатель КГТУ им. А.Н. Туполева, № 2008144585; заявл. 11.11.08; опубл. 10.07.2010. Бюл. № 19
7. *Каратаев Р.Н., Гогин В.А., Сойко А.И. и др.* Генератор переменного расхода жидкости (варианты) / Пат. № 2318190 РФ, МПК G01F 25/00. Заявители и патентообладатели ФГУ «Татарстанский ЦСМ», КГТУ им. А.Н. Туполева, № 2006108275; заявл. 07.03.06; опубл. 20.02.2008. Бюл. № 6.
8. *Каратаев Р.Н., Сойко А.И., Сеницын И.Н. и др.* Модель руки человека для поверки измерителей артериального давления и частоты сердечных сокращений / Пат. № 87341 РФ, МПК А61В 5/02, G01L 27/00. Заявитель и патентообладатель КГТУ им. А.Н. Туполева, № 2009123078; заявл. 16.06.09; опубл. 10.10.09. Бюл. № 28.

*Алексей Игорьевич Сойко,  
канд. техн. наук, доцент,  
кафедра стандартизации, сертификации  
и технологического менеджмента,  
КГТУ им. А.Н. Туполева,  
e-mail: alexsoiko@rambler.ru*

**ВНИМАНИЮ ПОДПИСЧИКОВ,  
РУКОВОДИТЕЛЕЙ СЛУЖБ ИНФОРМАЦИИ И БИБЛИОТЕК!**

**ПРЕДЛАГАЕМ ПОДПИСАТЬСЯ НА ЖУРНАЛ  
«МЕДИЦИНСКАЯ ТЕХНИКА»**

**НА 2011 ГОД.**

**Индекс по каталогу «Роспечать» – 72940.**

**В редакции можно оформить и оплатить льготную подписку с любого месяца.**

**Стоимость подписки (включая доставку и НДС 10 %): 550 руб. – за один номер, 1650 руб. – на первое полугодие 2011 года (3 номера), 3300 руб. – на 2011 год (6 номеров).**

**Наши тел.: (495) 695-10-70, 695-10-71.**