

СОГЛАСОВАНО

Директор

ФБУ «Ивановский ЦСМ»

Д.И. Кудрявцев

"29" августа 2024 г.



ГСИ. Измерители пневматические РА1

Методика поверки

МП-РА1-2.894.004

2024 г.

1 ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

1.1 Настоящая методика поверки (далее МП) устанавливает методы и средства первичной и периодической поверки измерителей пневматических РА1 (далее измерители), изготавливаемых АО «Красногвардеец».

1.2 Прослеживаемость при поверке измерителей обеспечивается согласно государственным поверочным схемам, утвержденным приказами Росстандарта от 11.05.2022 №1133 «Об утверждении государственной поверочной схемы для средств измерений объемного и массового расходов газа», от 20.10.2022 №2653 «Об утверждении Государственной поверочной схемы для средств измерений избыточного давления до 4000 МПа», от 06.12.2019 №2900 «Об утверждении Государственной поверочной схемы для средств измерений абсолютного давления в диапазоне $1 \cdot 10^{-1}$ – $1 \cdot 10^7$ Па», от 31.08.2021 №1904 «Об утверждении Государственной поверочной схемы для средств измерений разности давлений до $1 \cdot 10^5$ Па», от 23.12.2022 №3253 «Об утверждении Государственной поверочной схемы для средств измерений температуры», от 21.11.2023 №2415 «Об утверждении Государственной поверочной схемы для средств измерений влажности газов и температуры конденсации углеводородов», от 26.09.2022 №2360 «Об утверждении Государственной поверочной схемы для средств измерений времени и частоты».

1.3 МП реализуется посредством метода прямых измерений.

1.4 Допускается возможность проведения периодической поверки отдельных измерительных каналов.

2 ПЕРЕЧЕНЬ ОПЕРАЦИЙ ПОВЕРКИ

2.1 Для поверки измерителей должны быть выполнены операции, указанные в таблице 1.

Таблица 1 – Операции поверки

Наименование операции поверки	Обязательность выполнения операций поверки при		Номер раздела (пункта) методики поверки, в соответствии с которым выполняется операция поверки
	первичной поверке	периодической поверке	
Внешний осмотр	Да	Да	7
Подготовка к поверке и опробование	Да	Да	8
Подтверждение соответствия программного обеспечения	Да	Да	9
Определение метрологических характеристик и подтверждение соответствия средства измерений метрологическим требованиям	Да	Да	10
Определение погрешности измерений объемного расхода воздуха в канале измерения низкого расхода	Да	Да	10.1
Определение погрешности измерений объемного расхода воздуха в канале измерения высокого расхода	Да	Да	10.2
Определение погрешности измерений объема вдоха и выдоха в канале измерения высокого расхода	Да	Да	10.3
Определение погрешности измерений избыточного давления в канале измерения высокого расхода	Да	Да	10.4
Определение погрешности измерений	Да	Да	10.5

избыточного давления			
Определение погрешности измерений дифференциального давления низкого	Да	Да	10.6
Определение погрешности измерений дифференциального давления высокого	Да	Да	10.7
Определение погрешности измерений атмосферного давления	Да	Да	10.8
Определение погрешности измерений температуры газа в канале измерений высокого расхода	Да	Да	10.9
Определение погрешности измерений относительной влажности воздуха в канале измерений высокого расхода	Да	Да	10.10
Определение погрешности измерений объемной доли кислорода в канале измерений высокого расхода	Да	Да	10.11
Определение погрешности измерений времени вдоха и выдоха в канале измерений и высокого расхода	Да	Да	10.12
Определение погрешности измерений частоты вентиляции в канале измерений высокого расхода	Да	Да	10.13
Оформление результатов поверки	Да	Да	11

3 ТРЕБОВАНИЯ К УСЛОВИЯМ ПРОВЕДЕНИЯ ПОВЕРКИ

3.1 Для поверки измерителей должны выполняться следующие условия:

температура $(20 \pm 5) ^\circ\text{C}$;

относительная влажность $(60 \pm 20) \%$;

атмосферное давление $(101,3 \pm 4,0) \text{ кПа}$.

4 ТРЕБОВАНИЯ К СПЕЦИАЛИСТАМ, ОСУЩЕСТВЛЯЮЩИМ ПОВЕРКУ

4.1 К проведению поверки допускаются лица, аттестованные в качестве поверителей в установленном порядке.

5 МЕТРОЛОГИЧЕСКИЕ И ТЕХНИЧЕСКИЕ ТРЕБОВАНИЯ К СРЕДСТВАМ ПОВЕРКИ

5.1 Метрологические и технические требования к средствам поверки, которые применяются для поверки измерителей, приведены в таблице 2.

Таблица 2 – Метрологические и технические требования к средствам поверки

Операции поверки, требующие применение средств поверки	Метрологические и технические требования к средствам поверки, необходимые для проведения поверки	Рекомендуемый тип средства поверки, регистрационный номер в Федеральном информационном фонде по обеспечению единства измерений (далее – рег. №) и (или) метрологические или основные технические характеристики средства поверки
Основные средства поверки		
р. 10.1 Определение	Установка для воспроизведения расхода	Установка для поверки

погрешности измерений объемного расхода воздуха в канале измерения низкого расхода	воздуха в диапазоне воспроизводимых расходов от 0,016 до 40 м ³ /ч, пределы допускаемой относительной погрешности установки $\pm 0,33$ %	счетчиков газа 551031М-01, рег. № 62123-15
р. 10.2 Определение погрешности измерений объемного расхода воздуха в канале измерения высокого расхода	Установка для воспроизведения расхода воздуха в диапазоне воспроизводимых расходов от 0,016 до 40 м ³ /ч, пределы допускаемой относительной погрешности установки $\pm 0,33$ %; Установка для воспроизведения объемного расхода воздуха в диапазоне воспроизводимых расходов от 0 до 18 дм ³ /с, пределы допускаемой абсолютной погрешности в диапазоне от 0 до 2 дм ³ /с ± 10 см ³ /с, пределы допускаемой относительной погрешности в диапазоне от 2 до 8 дм ³ /с $\pm 0,5$ %	Установка для поверки счетчиков газа 551031М-01, рег. № 62123-15 Установки поверочные, тип ГВП Фантом-Спиро М, модификация ГВП Фантом-Спиро М2, рег. № 60925-15
р. 10.3 Определение погрешности измерений объема вдоха и выдоха в канале измерения высокого расхода	Установка для воспроизведения объема прокачиваемого воздуха в диапазоне воспроизводимых объемов от 0,1 до 12,0 л, пределы допускаемой абсолютной погрешности в диапазоне от 0,1 до 2 л $\pm 0,006$ л, пределы допускаемой относительной погрешности в диапазоне от 2 до 12 л $\pm 0,8$ %	Стенд СПС-2 для поверки спирометров рег. № 43145-09
р. 10.4 Определение погрешности измерений вакуумметрического и избыточного давления в канале измерения высокого расхода	Средства измерений избыточного давления в диапазоне от 20 до 40000 Па, КТ 0,02 Средства измерений давления в диапазоне от -15 до 15 кПа, пределы допускаемой приведенной погрешности $\pm 0,02$ %	Задатчики давления Воздух-4000 рег. № 12143-99 Микроманометры МКВ-250-002 рег. № 12143-99
р. 10.5 Определение погрешности измерений избыточного давления	Средства измерений избыточного давления в диапазоне от 0 до 1 МПа, пределы допускаемой относительной погрешности $\pm 0,02$ % Средства воспроизведения избыточного давления от 0 до 1 МПа	Калибраторы давления портативные Метран-517 рег. № 39151-12 Помпа multifunctional PV-411-HP, диапазон воспроизводимого давления: от минус 0,095 до 70 МПа
р. 10.6 Определение погрешности измерений дифференциального давления низкого и высокого	Средства измерений избыточного давления в диапазоне от 20 до 40000 Па, КТ 0,02	Задатчики давления Воздух-4000 рег. № 12143-99
р. 10.7 Определение погрешности измерений дифференциального давления высокого	Средства измерений избыточного давления в диапазоне от 20 до 40000 Па, КТ 0,02	Задатчики давления Воздух-4000 рег. № 12143-99
р. 10.8 Определение	Средства измерений абсолютного давле-	Калибраторы давления

погрешности измерений атмосферного давления	ния в диапазоне от 80 до 110 кПа, пределы допускаемой относительной погрешности $\pm 0,025\%$ Средства воспроизведения абсолютного давления от 80 до 120 кПа	портативные Метран-517 рег. № 39151-12 Помпа ручная пневматическая П-0,25М
р. 10.9 Определение погрешности измерений температуры газа в канале измерений высокого расхода	Средства измерений температуры в диапазоне от $-50\text{ }^{\circ}\text{C}$ до $300\text{ }^{\circ}\text{C}$, пределы допускаемой основной абсолютной погрешности $\pm 0,05\text{ }^{\circ}\text{C}$ Средства воспроизведения температуры от $-70\text{ }^{\circ}\text{C}$ до $150\text{ }^{\circ}\text{C}$	Термометр лабораторный электронный ЛТ-300 рег. № 61806-15 Камера климатическая СМ-70/150-120ТВХ
р. 10.10 Определение погрешности измерений относительной влажности воздуха в канале измерений высокого расхода	Средства измерений относительной влажности в диапазоне от 5% до 95% , пределы допускаемой абсолютной погрешности $\pm 1\%$ Средства воспроизведения относительной влажности от 0% до 95%	Измеритель комбинированный Testo 645 рег. № 17740-12 Камера климатическая СМ-70/150-120ТВХ
р. 10.11 Определение погрешности измерений объемной доли кислорода в канале измерений высокого расхода	Азот нулевой ТУ 6-21-39-96, объемная доля кислорода $0,001\%$, Кислород ОСЧ ТУ 2114-001-05798345-2007 Объемная доля кислорода $99,999\%$ Воздух нулевой марка Б ТУ 6-21-5-82 Объемная доля кислорода $20,9\%$ Ротаметр Верхний предел измерений $0,25\text{ м}^3/\text{ч}$, пределы допускаемой основной погрешности $\pm 4\%$ Вентиль точной регулировки ВТР-2 Регулировка расхода от 0 до $2,16 \cdot 10^{-5}\text{ м}^3/\text{с}$, точность установки $0,8 \cdot 10^{-6}\text{ м}^3/\text{с}$	Азот нулевой ТУ 6-21-39-96 Кислород ОСЧ ТУ 2114-001-05798345-2007 Воздух нулевой марка Б ТУ 6-21-5-82 Ротаметр с местными показаниями РМ-02 рег. № 3385-74 Вентиль точной регулировки ВТР-2 Регулировка расхода от 0 до $2,16 \cdot 10^{-5}\text{ м}^3/\text{с}$, точность установки $0,8 \cdot 10^{-6}\text{ м}^3/\text{с}$
р. 10.12 Определение погрешности измерений времени вдоха и выдоха в канале измерений высокого расхода	Средства измерений периода сигналов синусоидальной и импульсной формы в диапазоне от $0,1\text{ мкс}$ до 10^4 , пределы допускаемой основной относительной погрешности $\pm 5 \cdot 10^{-7}\text{ с}$ Приспособление для формирования импульсов расхода длительностью от $0,1$ до 40 с.	Частотомер электронно-счётный ЧЗ-63/1 рег. № 9084-90 Формирователь импульсов расхода ФИР №0001
р. 10.13 Определение погрешности измерений частоты вентиляции в канале измерений высокого расхода	Средства измерений частоты в диапазоне от $0,1\text{ Гц}$ до 200 МГц , пределы допускаемой основной относительной погрешности $\pm 5 \cdot 10^{-5}\text{ с}$ Приспособление для формирования импульсов расхода длительностью от $0,1$ до 40 с.	Частотомер электронно-счётный ЧЗ-63/1 рег. № 9084-90 Формирователь импульсов расхода ФИР
Контроль условий	Средства измерений температуры окру-	Термогигрометр ИВА-6Н-

измерений при поверке	жающей среды от плюс 10 °С до плюс 60 °С с абсолютной погрешностью не более ± 1 °С;	Д, рег. № 46434-11
	Средства измерений относительной влажности воздуха в диапазоне от 10 % до 90 % с абсолютной погрешностью не более ± 3 %;	
	Средства измерений атмосферного давления от 90 до 110 кПа, ПГ $\pm 0,3$ кПа	

5.2 Допускается использовать при поверке другие утвержденные и аттестованные эталоны единиц величин, средства измерений утвержденного типа и поверенные, удовлетворяющие метрологическим требованиям, указанным в таблице

6 ТРЕБОВАНИЯ (УСЛОВИЯ) ПО ОБЕСПЕЧЕНИЮ БЕЗОПАСНОСТИ ПРОВЕДЕНИЯ ПОВЕРКИ

6.1 При подготовке и проведении поверки необходимо соблюдать:

- требования безопасности, установленные ГОСТ 12.2.003-91 «ССБТ. Оборудование производственное. Общие требования безопасности», ГОСТ 12.3.019-80 «ССБТ. Испытания и измерения электрические. Общие требования безопасности»;
- требования разделов «Указания мер безопасности» эксплуатационной документации на применяемые эталонные средства измерений и средства поверки;
- требования мер безопасности, указанные в эксплуатационной документации на проверяемое СИ.

6.2 При работе с чистыми газами и газовыми смесями в баллонах под давлением необходимо соблюдать «Правила промышленной безопасности при использовании оборудования, работающего под избыточным давлением» (Приказ от 15 декабря 2020 года № 536).

6.3 Помещение, где проводится поверка, должно быть оборудовано приточно-вытяжной вентиляцией.

7 ВНЕШНИЙ ОСМОТР СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ

7.1 При внешнем осмотре проверяют комплектность и внешний вид измерителя.

Комплектность должна соответствовать описанию типа.

Внешний вид измерителя должен соответствовать следующим требованиям:

- измеритель не должен иметь следов коррозии, механических повреждений, загрязнений;
- комплектность и внешний вид должен соответствовать приведенным в описании типа;
- наличие знака утверждения типа в соответствии с описанием типа.

Результаты внешнего осмотра считаются положительными, если не выявлены несоответствия.

В противном случае дальнейшие операции по поверке выполняют после устранения несоответствий.

7.2 Если указанные выше замечания не были устранены, то результаты внешнего осмотра считаются отрицательными, выписывается извещение о непригодности.

8 ПОДГОТОВКА К ПОВЕРКЕ И ОПРОБОВАНИЕ СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ

8.1 Выдержать измеритель в условиях, соответствующих условиям поверки не менее 2 часов.

8.2 Проверить комплектность, качество и содержание маркировки на соответствие указанной в руководстве по эксплуатации, а именно товарный знак завода-изготовителя, название, номер технических условий, четырехзначный заводской номер.

8.3 Результаты подготовки к поверке и опробования считаются положительными, если не выявлены несоответствия.

9 ПОДТВЕРЖДЕНИЕ СООТВЕТСТВИЯ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ (ПО)

9.1 Для проверки соответствия ПО выполняют следующие операции:

Включают измеритель, заходят в «Настройки», нажимают кнопку «Инфо», на экране отобразится версия ПО.

9.2 Результаты подтверждения соответствия ПО считают положительными если идентификационные данные совпадают с указанными в таблице 3.

Таблица 3 – Идентификационные данные ПО

Идентификационные данные (признаки)	Значение
Идентификационное наименование ПО	инд. изм.
Номер версии (идентификационный номер) ПО	инд. 1.XX, где XX не ниже 09 изм. 1.XX, где XX не ниже 08
Цифровой идентификатор ПО	-
Примечание – Номер версии состоит из двух частей: старшая часть (до точки) номер версии метрологически значимой части ПО, младшая часть – номер версии метрологически незначимой части.	

10 ОПРЕДЕЛЕНИЕ МЕТРОЛОГИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК И ПОДТВЕРЖДЕНИЕ СООТВЕТСТВИЯ СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ МЕТРОЛОГИЧЕСКИМ ТРЕБОВАНИЯМ

10.1 Определение погрешности измерений объемного расхода воздуха в канале измерения низкого расхода

10.1.1 Подготовка измерителя к поверке

Включить измеритель, прогреть его в течение 15 минут, так как нулевое значение потока существенно изменяется в процессе прогрева измерителя в первые 15 минут после включения.

Подготовить измеритель к поверке, для этого на основном экране измерений нажать на экранную кнопку «Настройки», в появившемся экране настроек нажать кнопку «Дальше» до появления экрана «Канал низкого потока» (рисунок 1).

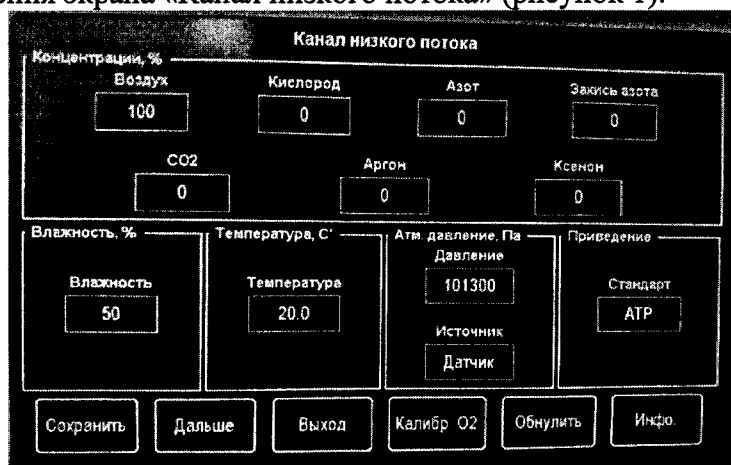


Рисунок 1 – Экран настройки канала низкого потока

Для установки показателей на экране нужно нажать на необходимую кнопку, при помощи поворота манипулятора установить необходимые значения и подтвердить выбранные параметры нажатием манипулятора.

На экране канала низкого потока в параметре «Концентрации», в поле «Воздух» установить значение 100 %, в остальных полях параметра установить значение 0 %.

В параметрах «Влажность», «Температура» и «Давление» необходимо установить текущие атмосферные условия, при которых поверяется измеритель. В параметре установки давле-

ния в поле «Источник» поставить «Ручн.». В параметре «Приведение» в поле «Стандарт» необходимо установить «АТР».

Сохранить установленные настройки, нажав кнопку «Сохранить», после чего измеритель перейдет в основной экран измерений.

Нажать кнопку «Настройки», в появившемся экране настроек нажать кнопку «Дальше», до появления экрана «Респираторная механика» (рисунок 2).

Респираторная механика

Канал высокого потока		Канал низкого потока	
Поток триггера вдоха, мл/мин	5000	Поток триггера вдоха, мл/мин	500
К-т фильтрации	5	К-т фильтрации	5
Поток триггера выдоха, мл/мин	-5000	Поток триггера выдоха, мл/мин	-500
Задержка триг. вдоха, мс	5	Задержка триг. вдоха, мс	5
Задержка триг. выдоха, мс	5	Задержка триг. выдоха, мс	5
☐ Источник данных		☒ Источник данных	

Сохранить Дальше Выход Калибр. O2 Обнулить Инфо.

Рисунок 2 – Экран настройки респираторной механики

На экране «Канал низкого потока» в поле «К-т фильтрации» поставить «5», активировать кнопку «Источник данных» и нажать кнопку «Сохранить», после чего измеритель перейдет в основной экран измерений.

Нажать кнопку «Настройки», в появившемся экране настроек нажать кнопку «Дальше», до появления экрана «Единицы измерения» (рисунок 3).

Единицы измерения

Канал высокого потока	Канал низкого потока	Канал давления в потоке
л / мин	л / мин	см H2O
Канал высокого диф. давления	Канал низкого диф. давления	
см H2O	Па	
Атм. давление	Высокое давление	
Па	Ати	

Сохранить Дальше Выход Калибр. O2 Обнулить Инфо.

Рисунок 3 – Экран выбора единиц измерения

На экране «Единицы измерения» установить «л/мин», нажать кнопку «Сохранить», после чего измеритель перейдет в основной экран измерений.

Нажать кнопку «Настройки», в появившемся экране настроек нажать кнопку «Обнулить». На экране появится уведомление об обнулении. После завершения обнуления на экране появится сообщение «Обнуление завершено», нажать на эту кнопку, для скрытия данной панели (рисунок 4). Нажать кнопку «Сохранить» для перехода в основной экран измерений.

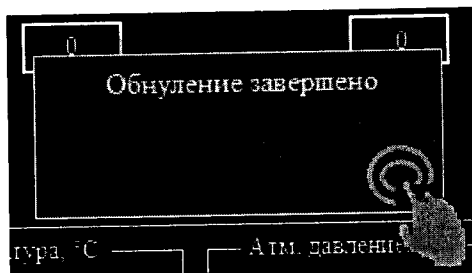


Рисунок 4 – Уведомление о завершении обнуления

В процессе проведения поверки рекомендуется периодически проводить обнуление измерителя.

В основном экране измерений нажать на одну из плашек с числовыми значениями и выбрать поворотом манипулятора параметр «Поток низк.» подтверждение выбранного параметра осуществляется нажатием манипулятора.

10.1.2 Определение погрешности измерений объемного расхода воздуха в канале измерения низкого расхода в диапазоне от 0 до 3 л/мин в положительном и отрицательном направлениях

Убедиться в том, что индикатор «Поток низк.» показывает нулевые значения расхода газа через канал измерения низкого расхода.

Подключить измеритель к установке для воспроизведения расхода воздуха в положительном направлении (слева направо) и, последовательно формируя на установке необходимые значения объемного расхода, считывать полученные значения и заносить в протокол. Определение погрешности проводить в пяти точках: 0 л/мин, 0,5 л/мин, 1 л/мин, 2 л/мин, 3 л/мин, допускается отступать от установленных значений поверочных точек на $\pm 0,1$ л/мин. Длительность замеров не менее 5 с.

Аналогично провести измерения объемного расхода воздуха в отрицательном направлении.

Абсолютную погрешность измерений объемного расхода воздуха в канале измерения низкого расхода ΔQ_n рассчитать по формуле (1):

$$\Delta Q_n = Q_{n.изм} - Q_{n.эт}, \quad (1)$$

где $Q_{n.изм}$ – значение объемного расхода воздуха, измеренное измерителем, л/мин;

$Q_{n.эт}$ – значение объемного расхода воздуха, воспроизводимое установкой для воспроизведения расхода воздуха, л/мин.

Результаты считают положительными, если рассчитанные значения погрешности не превышают $\pm 0,1$ л/мин.

10.1.3 Определение погрешности измерений объемного расхода воздуха в канале измерения низкого расхода в диапазоне от 3 до 20 л/мин в положительном и отрицательном направлениях

Убедиться в том, что индикатор «Поток низк.» показывает нулевые значения расхода газа через канал измерения низкого расхода.

Измеритель подключить к установке для воспроизведения расхода воздуха в положительном направлении (слева направо) и, последовательно формируя на установке необходимые значения объемного расхода, считывать полученные значения и заносить в протокол. Определение погрешности проводить в четырех точках: 5 л/мин, 10 л/мин, 15 л/мин, 20 л/мин; допускается отступать от установленных значений поверочных точек на $\pm 0,1$ л/мин. Длительность замеров не менее 5 с.

Аналогично провести измерения объемного расхода воздуха в отрицательном направлении.

Относительную погрешность измерений объемного расхода воздуха в канале измерения низкого расхода δQ_n рассчитать по формуле (2):

$$\delta Q_n = \frac{Q_{n.изм} - Q_{n.эт}}{Q_{n.эт}} \cdot 100 \%, \quad (2)$$

где $Q_{н.эт}$ – значение объемного расхода воздуха, воспроизводимое установкой для воспроизведения расхода воздуха, л/мин.

Результаты считают положительными, если рассчитанные значения погрешности не превышают $\pm 3 \%$.

10.2 Определение погрешности измерений объемного расхода воздуха в канале измерения высокого расхода

10.2.1 Определение погрешности измерений объемного расхода воздуха в канале измерения высокого расхода в диапазоне от 0 до 20 л/мин в положительном и отрицательном направлениях

Подготовить измеритель к поверке, аналогично п.10.1.1.

В основном экране измерений нажать на одну из плашек с числовыми значениями и выбрать поворотом манипулятора параметр «Поток выс.». Подтверждение выбранного параметра осуществляется нажатием манипулятора.

Убедиться в том, что индикатор «Поток выс.» показывает нулевые значения расхода газа через канал измерения высокого расхода.

Измеритель подключить к установке для воспроизведения расхода воздуха в положительном направлении (слева направо) и, последовательно формируя на установке необходимые значения объемного расхода, считывать полученные значения и заносить в протокол. Определение погрешности проводить в пяти точках: 0 л/мин, 5 л/мин, 10 л/мин, 15 л/мин, 20 л/мин; допускается отступать от установленных значений поверочных точек на $\pm 0,1$ л/мин. Длительность замеров не менее 5 с.

Аналогично провести измерения объемного расхода воздуха в отрицательном направлении.

Абсолютную погрешность объемного расхода воздуха в канале измерения высокого расхода ΔQ_v рассчитать по формуле (3):

$$\Delta Q_v = Q_{v.изм} - Q_{v.эт}, \quad (3)$$

где $Q_{v.изм}$ – значение объемного расхода воздуха, измеренное измерителем, л/мин;

$Q_{v.эт}$ – значение объемного расхода воздуха, воспроизводимое установкой для воспроизведения расхода воздуха

Результаты считают положительными, если рассчитанные значения погрешности не превышают $\pm 0,5$ л/мин.

10.2.2 Определение погрешности измерений объемного расхода воздуха в канале измерения высокого расхода в диапазоне от 20 до 200 л/мин в положительном и отрицательном направлениях

Убедиться в том, что индикатор «Поток выс.» показывает нулевые значения расхода газа через канал измерения высокого расхода. Измеритель подключить к установке для воспроизведения расхода воздуха в положительном направлении (слева направо) и, последовательно формируя на установке необходимые значения объемного расхода, считывать полученные значения и заносить в протокол. Определение погрешности проводить в четырех точках: 50 л/мин, 100 л/мин, 150 л/мин, 200 л/мин; допускается отступать от установленных значений поверочных точек на ± 5 л/мин. Длительность замеров не менее 5 с.

Аналогично провести измерения объемного расхода воздуха в отрицательном направлении.

Относительную погрешность измерений объемного расхода воздуха в канале измерения высокого расхода δQ_v рассчитать по формуле (4):

$$\delta Q_v = \frac{Q_{v.изм} - Q_{v.эт}}{Q_{v.эт}} \cdot 100 \%, \quad (4)$$

где $Q_{v.эт}$ – значение объемного расхода воздуха, воспроизводимое установкой для воспроизведения расхода воздуха, л/мин.

Результаты считают положительными, если рассчитанные значения погрешности не превышают $\pm 2,5 \%$.

10.3 Определение погрешности измерений объема вдоха и выдоха в канале измерения высокого расхода

На основном экране измерений нажать на экранную кнопку «Настройки», в появившемся экране настроек нажать кнопку «Дальше», до появления экрана «Респираторная механика» (рисунок 5).

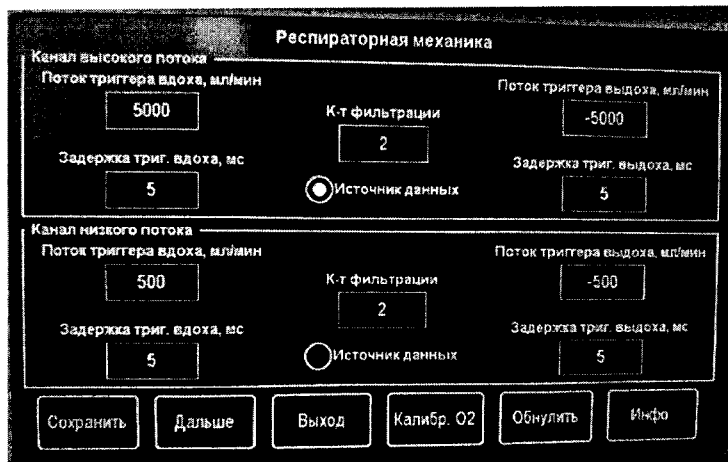


Рисунок 5 – Экран настройки респираторной механики

Все параметры установить согласно рисунку 5: «К-т фильтрации» – «2»; активировать кнопку «Источник данных» в поле «Канал высокого потока»; «Поток триггера вдоха» – «5000 мл/мин»; «Поток триггера выдоха» – «-5000 мл/мин»; «Задержка триг вдоха» – 5 мс; «Задержка триг. выдоха» – 5 мс.

При проведении поверки для исключения ложных срабатываний допускается увеличить задержку триггера вдоха и выдоха до 15 мс, увеличить поток триггера вдоха до 10000 мл/мин и уменьшить поток триггера выдоха до минус 10000 мл/мин.

Все остальные операции по подготовке измерителя к поверке проводят аналогично п.10.1.

Измеритель подключить к стенду СПС-2 для поверки спирометров (далее – СПС-2), сформировать на установке значение объема, равное 0,1 л, длительностью не менее 2 с, провести маневр вдох-выдох три раза, считать полученные значения объема вдоха и выдоха и занести в протокол. Повторить измерения, последовательно задавая значения объема, равные 0,5 л, 1 л, 2 л, 4 л, 6 л, длительностью не менее 2 с, полученные значения занести в протокол.

Абсолютную погрешность измерений объема вдоха и выдоха в канале измерения высокого расхода ΔQ_o рассчитать по формуле (5):

$$\Delta Q_o = Q_{o.изм} - Q_{o.эт}, \quad (5)$$

где $Q_{o.изм}$ – значение объема воздуха, измеренное измерителем, л/мин;

$Q_{o.эт}$ – значение объема воздуха, воспроизводимое СПС-2, л/мин.

Результаты считают положительными, если рассчитанные значения погрешности не превышают $\pm 0,02$ л.

Относительную погрешность измерений объема вдоха и выдоха в канале измерения высокого расхода δQ_o рассчитать по формуле (6):

$$\delta Q_o = \frac{Q_{o.изм} - Q_{o.эт}}{Q_{o.эт}} \cdot 100 \%, \quad (6)$$

Результаты считают положительными, если рассчитанные значения погрешности не превышают ± 3 %.

10.4 Определение погрешности измерений вакуумметрического и избыточного давления в канале измерения высокого расхода

Подготовить измеритель, для этого нажать кнопку «График» и в появившемся окне на панели графического отображения измеряемой величины выбрать поворотом манипулятора параметр «Давление в потоке». Подтверждение выбранного параметра осуществляется нажатием

манипулятора. Затем установить единицы измерения (Па) и сохранить настройки. Обнулить измеритель.

Измеритель через конический порт высокого расхода, расположенный на правой боковой панели, подключить к эталонному средству измерения при помощи дыхательного шланга и переходника. Противоположный порт прибора, расположенный на левой боковой панели должен быть заглушен. Задать избыточное давление 100 Па, считать полученные значения с измерителя и занести в протокол. Повторить измерения, последовательно задавая значения избыточного давления, равные 1000 Па, 5000 Па, 10000 Па и 15000 Па, полученные значения занести в протокол.

Для проверки вакуумметрического давления подключить конический порт измерителя к эталонному средству измерения, последовательно подавать вакуумметрическое давление минус 100 Па, минус 1000 Па, минус 5000 Па, минус 10000 Па и минус 15000 Па, считать полученные значения с измерителя и занести в протокол.

Абсолютную погрешность при измерении избыточного и вакуумметрического давления в канале измерения высокого расхода ΔP_v рассчитать по формуле (7):

$$\Delta P_v = P_{v.изм} - P_{v.эт}, \quad (7)$$

где $P_{v.изм}$ – значение давления эталонного средства измерения, Па;

$P_{v.эт}$ – значение давления, измеренное измерителем, Па.

Результаты считать положительными, если рассчитанные значения допускаемой абсолютной погрешности не превышают ± 15 Па

Относительную погрешность при измерении избыточного и вакуумметрического давления в канале измерения высокого расхода δP_v рассчитать по формуле (8):

$$\delta P_v = \frac{P_{v.изм} - P_{v.эт}}{P_{v.эт}} \cdot 100 \%, \quad (8)$$

Результаты считать положительными, если рассчитанные значения относительной погрешности не превышают $\pm 1 \%$.

10.5 Определение погрешности измерений избыточного давления

Нажать на основном экране измерений на одну из плашек с числовыми значениями и выбрать поворотом манипулятора параметр «Давл. выс.». Нажать на экранную кнопку «Настройки», в появившемся экране настроек нажать кнопку «Дальше», до появления экрана «Единицы измерения», установить необходимые единицы измерения и сохранить настройки. При необходимости произвести обнуление.

Подключить цанговый штуцер канала измерения избыточного давления к помпе многофункциональной PV-411-HP (далее – помпа PV-411) с подсоединённым Метран-517 и последовательно подавать избыточное давление, равное 0 кПа, 50 кПа, 100 кПа, 250 кПа, 500 кПа, 750 кПа и 1000 кПа, считать полученные значения с измерителя и занести в протокол.

Абсолютную погрешность измерений избыточного давления в диапазоне от 0 до 100 кПа $\Delta P_{изб.}$ рассчитать по формуле (9):

$$\Delta P_{изб.} = P_{изб.изм} - P_{изб.эт}, \quad (9)$$

где $P_{изб.изм}$ – избыточное давление, измеренное измерителем, кПа;

$P_{изб.эт}$ – избыточное давление эталонного средства измерения, кПа.

Результаты считают положительными, если рассчитанные значения погрешности не превышают ± 1 кПа.

Относительную погрешность измерений избыточного давления в диапазоне от 100 до 1000 кПа $\delta P_{изб.}$ рассчитать по формуле (10):

$$\delta P_{изб.} = \frac{P_{изб.изм} - P_{изб.эт}}{P_{изб.эт}} \cdot 100 \%, \quad (10)$$

Результаты считать положительными, если пределы допускаемой относительной погрешности не выходят за пределы $\pm 1 \%$.

10.6 Определение погрешности измерений дифференциального давления низкого

Подготовить измеритель к поверке, для этого на основном экране измерений нажать на одну из плашек с числовыми значениями и выбрать поворотом манипулятора параметр «Диф.

давл. низ.». Нажать на экранную кнопку «Настройки», в появившемся экране настроек нажать кнопку «Дальше», до появления экрана «Единицы измерения», установить необходимые единицы измерения и сохранить настройки. При необходимости произвести обнуление.

Подключить штуцер «+» канала измерения дифференциального давления низкого к Воздух-4000 и, задавая требуемое давление, считать показания с измерителя и занести в протокол. Аналогично провести измерения при подключении к штуцеру «-».

Абсолютную погрешность измерений дифференциального давления низкого $\Delta P_{\text{диф.н}}$ определяют при значениях измеряемой величины, соответствующих 0 Па, 50 Па, 100 Па, и рассчитывают по формуле (11):

$$\Delta P_{\text{диф.н.}} = P_{\text{диф.н.изм}} - P_{\text{диф.н.эт}}, \quad (11)$$

где $P_{\text{диф.н.изм}}$ – значение давления, измеренное измерителем, Па.

$P_{\text{диф.н.эт}}$ – значение давления эталонного средства измерения, Па;

Результаты считают положительными, если рассчитанные значения погрешности не превышают ± 2 Па.

Относительную погрешность измерений дифференциального давления низкого $\delta P_{\text{диф.н}}$ определяют при значениях измеряемой величины, соответствующих 0 Па, 250 Па, 500 Па, 750 Па, 1000 Па, и рассчитывают по формуле (12):

$$\delta P_{\text{диф.н.}} = \frac{P_{\text{диф.н.изм}} - P_{\text{диф.н.эт}}}{P_{\text{диф.н.эт}}} \cdot 100 \%, \quad (12)$$

Результаты считать положительными, если пределы допускаемой относительной погрешности измерений не превышают ± 4 %.

10.7 Определение погрешности измерений дифференциального давления высокого

Подготовить измеритель к поверке, для этого на основном экране измерений нажать на одну из плашек с числовыми значениями и выбрать поворотом манипулятора параметр «Диф. давл. выс.». Далее установить необходимые единицы измерения и сохранить настройки. При необходимости произвести обнуление.

Подключить штуцер «+» канала измерения дифференциального давления высокого к Воздух-4000 и, задавая требуемое давление, считать показания с измерителя и занести в протокол. Аналогично провести измерения при подключении к «-» штуцеру.

Абсолютную погрешность измерений дифференциального давления высокого $\Delta P_{\text{диф.в.}}$ определяют при значениях измеряемой величины, соответствующих 0 Па, 500 Па, 1000 Па, и рассчитывают по формуле (13):

$$\Delta P_{\text{диф.в.}} = P_{\text{диф.в.изм}} - P_{\text{диф.в.эт}}, \quad (13)$$

где $P_{\text{диф.в.изм}}$ – значение давления, измеренное измерителем, Па.

$P_{\text{диф.в.эт}}$ – значение давления эталонного средства измерения, Па;

Результаты считают положительными, если рассчитанные значения погрешности не превышают ± 15 Па.

Относительную погрешность измерений дифференциального давления высокого $\delta P_{\text{диф.в.}}$ определяют при значениях измеряемой величины, соответствующих 0 Па, 4000 Па, 8000 Па, 12000 Па, 15000 Па, и рассчитывают по формуле (14)

$$\delta P_{\text{диф.в.}} = \frac{P_{\text{диф.в.изм}} - P_{\text{диф.в.эт}}}{P_{\text{диф.в.эт}}} \cdot 100 \%, \quad (14)$$

Результаты считать положительными, если рассчитанные значения погрешности не превышают ± 1 %.

10.8 Определение погрешности измерений атмосферного давления

Подготовить измеритель к поверке, для этого на основном экране измерений нажать на одну из плашек с числовыми значениями и выбрать параметр «Атм. давл.». Далее установить необходимые единицы измерения и сохранить настройки. При необходимости произвести обнуление.

Подключить штуцер «АД» канала измерения атмосферного давления к помпе П-0,25М и Метран-517 и, задавая требуемое давление, считать показания с измерителя и занести в протокол.

Относительную погрешность измерений атмосферного давления $\delta P_{\text{атм}}$ определяют при значениях измеряемой величины, соответствующих 80 кПа, 90 кПа, 100 кПа, 110 кПа, и рассчитывают по формуле (15):

$$\delta P_{\text{атм}} = \frac{P_{\text{атм.изм}} - P_{\text{атм.эт}}}{P_{\text{атм.эт}}} \cdot 100 \%, \quad (15)$$

где $P_{\text{атм.изм.}}$ – значение давления, измеренное измерителем, кПа.

$P_{\text{атм.эт.}}$ – значение давления эталонного средства измерения, кПа;

Результаты считать положительными, если рассчитанные значения погрешности не превышают $\pm 0,5 \%$.

10.9 Определение погрешности измерений температуры газа в канале измерений высокого расхода

Подготовить измеритель к поверке, для этого на основном экране измерений нажать на одну из плашек с числовыми значениями и выбрать параметр «Темп.». Далее установить необходимые единицы измерения и сохранить настройки.

Измеритель поместить в камеру климатическую СМ-70/150-120ТВХ (далее - камера) таким образом, чтобы поток воздуха от вентилятора камеры был направлен в канал высокого расхода измерителей. В камеру рядом с измерителями установить термометр лабораторный электронный ЛТ-300 (далее – термометр). Абсолютную погрешность определить при четырех значениях измеряемой величины, равномерно распределенных в диапазоне измерений, включая граничные значения диапазона измерений (минимальное и максимальное). Допускается отступать от крайних значений диапазона на 5 %.

Абсолютную погрешность измерений температуры газа в канале измерений высокого расхода Δt рассчитать по формуле (16):

$$\Delta t = t_{\text{изм}} - t_{\text{эт}}, \quad (16)$$

где $t_{\text{изм}}$ – значение температуры, измеренное измерителем, °С;

$t_{\text{эт}}$ – значение температуры эталонного средства измерения, °С.

Результаты считать положительными, если пределы абсолютной погрешности не выходят за пределы ± 3 °С.

10.10 Определение погрешности измерений относительной влажности воздуха в канале измерений высокого расхода

Подготовить измеритель к поверке, для этого на основном экране измерений нажать на одну из плашек с числовыми значениями и выбрать параметр «Влажн.». Далее установить необходимые единицы измерения и сохранить настройки.

Измерители поместить в камеру таким образом, чтобы поток воздуха от вентилятора камеры был направлен в канал высокого расхода измерителей. В камеру рядом с измерителями установить измеритель комбинированный Testo 645. Абсолютную погрешность определить при пяти значениях измеряемой величины, равномерно распределенных в диапазоне измерений, включая граничные значения диапазона измерений (минимальное и максимальное). Допускается отступать от крайних значений диапазона на 5 %.

Абсолютную погрешность измерений относительной влажности воздуха $\Delta \varphi$ рассчитать по формуле (17):

$$\Delta \varphi = \varphi_{\text{изм}} - \varphi_{\text{эт}}, \quad (17)$$

где $\varphi_{\text{изм}}$ – значение относительной влажности, измеренное измерителем, %;

$\varphi_{\text{эт}}$ – значение относительной влажности эталонного средства измерения, %.

Результаты считать положительными, если пределы абсолютной погрешности измерений относительной влажности воздуха в канале измерения высокого расхода не превышают $\pm 10 \%$.

10.11 Определение погрешности измерений объемной доли кислорода в канале измерений высокого расхода

Подготовить измеритель к поверке, для этого на основном экране измерений нажать на одну из плашек с числовыми значениями и выбрать параметр «O2».

Откалибровать датчик кислорода, для этого подключить к измерителю баллон с содержанием объемной доли кислорода 20,9 %, при помощи вентиля точной регулировки ВТР-2 на ротаметре с местными показаниями установить расход 4 л/мин, и в течении трех минут продуть канал. По прошествии указанного времени нажать кнопку «Калибр. O₂», по окончании калибровки на экране измерителя будет выведено уведомление «Калибровка O₂ завершена».

Последовательно подать в канал измерений высокого расхода измерителей газы с содержанием объемной доли кислорода 0,001 %, 20,9 % и 99,999 %, считать полученные значения с измерителя и занести в протокол.

Абсолютную погрешность измерений объемной доли кислорода в канале измерений высокого расхода $\Delta\phi_0$ рассчитать по формуле (18):

$$\Delta\phi_0 = \phi_{0\text{изм}} - \phi_{0\text{эт}}, \quad (18)$$

где $\phi_{0\text{изм}}$ – значение объемной доли кислорода, измеренное измерителем, %;

$\phi_{0\text{эт}}$ – значение объемной доли кислорода, указанное в паспорте к баллону, %.

Результаты считать положительными, если пределы абсолютной погрешности не превышают ± 2 %.

10.12 Определение погрешности измерений времени вдоха и выдоха в канале измерений высокого расхода

Подготовить измеритель к поверке, для этого на основном экране измерений нажать на одну из плашек с числовыми значениями и выбрать параметры «Т вдоха» и «Т выд.». Далее активировать кнопку «Источник данных» в экране канала высокого потока.

К каналу высокого расхода измерителя подключить формирователь импульсов расхода ФИР (далее – ФИР), задать необходимый режим подачи импульсов расхода и при помощи частотомера электронно-счетного ЧЗ-65/1 (далее – частотомер) считать полученные значения и занести в протокол. Повторить измерения, последовательно задавая значения измеряемой величины, соответствующих 0,2 с, 1 с, 5 с, 10 с, 20 с, 40 с.

Абсолютную погрешность измерений времени вдоха и выдоха в канале измерений высокого расхода ΔT рассчитать по формуле (19):

$$\Delta T = T_{\text{изм}} - T_{\text{эт}}, \quad (19)$$

где $T_{\text{изм}}$ – значение длительности вдоха (выдоха), измеренное измерителем, с;

$T_{\text{эт}}$ – значение длительности вдоха (выдоха), измеренное частотомером, с.

Результаты считают положительными, если рассчитанные значения погрешности не превышают $\pm 0,05$ с.

10.13 Определение погрешности измерений частоты вентиляции в канале измерений высокого расхода

Подготовить измеритель к поверке, для этого на основном экране измерений нажать на одну из плашек с числовыми значениями и выбрать параметр «Частота». Далее активировать кнопку «Источник данных» в экране канала высокого потока.

К каналу высокого потока измерителя подключить ФИР задать необходимый режим подачи импульсов расхода и при помощи частотомера считать полученные значения и занести в протокол. Повторить измерения, последовательно задавая значения измеряемой величины, соответствующих 2 мин⁻¹, 10 мин⁻¹, 40 мин⁻¹, 80 мин⁻¹, 150 мин⁻¹, 250 мин⁻¹.

Определение погрешности измерений частоты вентиляции в канале измерений высокого расхода Δf рассчитать по формуле (20).

$$\Delta f = f_{\text{изм}} - f_{\text{эт}}, \quad (20)$$

где $f_{\text{изм}}$ – значение частоты, измеренное измерителем, с;

$f_{\text{эт}}$ – значение частоты, измеренное частотомером, с.

Результаты считают положительными, если рассчитанные значения погрешности не превышают указанных в описании типа значений.

11 ОФОРМЛЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ПОВЕРКИ

Результаты поверки заносятся в протокол поверки. Форма протокола произвольная.

При положительных результатах первичной и периодической поверки оформляют свидетельство о поверке в соответствии с Приказом Минпромторга России от 31.07.2020 г. №2510. Знак поверки наносится на свидетельство о поверке.

При отрицательных результатах поверки измеритель к эксплуатации не допускают и выдают извещение о непригодности с указанием причин непригодности в соответствии с Приказом Минпромторга России от 31.07.2020 г. №2510.

Результаты поверки подтверждаются сведениями о результатах поверки средств измерений, включенными в Федеральный информационный фонд по обеспечению единства измерений.

Начальник ОИ-100
ФБУ «Ивановский ЦСМ»
Инженер по метрологии 1 категории
ФБУ «Ивановский ЦСМ»
Инженер по метрологии 1 категории
ФБУ «Ивановский ЦСМ»



Ю.Р. Кулагин

А.Е. Гогин

Г.А. Расшивалин