



ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО ТЕХНИЧЕСКОМУ РЕГУЛИРОВАНИЮ И МЕТРОЛОГИИ

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
«ГОСУДАРСТВЕННЫЙ РЕГИОНАЛЬНЫЙ ЦЕНТР СТАНДАРТИЗАЦИИ,
МЕТРОЛОГИИ И ИСПЫТАНИЙ В Г. МОСКВЕ И МОСКОВСКОЙ ОБЛАСТИ»
(ФБУ «РОСТЕСТ-МОСКВА»)**

СОГЛАСОВАНО

Заместитель генерального директора
ФБУ «Ростест-Москва»

 А.Д. Меньшиков



«30» августа 2021 г.

Государственная система обеспечения единства измерений

**УСТАНОВКИ ПОВЕРОЧНЫЕ
ГВП Фантом-Спиро М**

Методика поверки

РТ-МП-7909-421-2020

г. Москва
2021 г.

1 Общие положения

Настоящая методика поверки распространяется на установки поверочные ГВП Фантом-Спиро М (далее по тексту – установки), изготавливаемые обществом с ограниченной ответственностью малое научно-производственное предприятие «Развитие» (ООО МНПП «Развитие»), 140180, Московская обл., г. Жуковский, ул. Гарнаева, 14, пом. V и устанавливает порядок проведения их первичной и периодической поверок.

Прослеживаемость поверяемых установок обеспечивается к государственным первичным эталонам единицы длины – метра (гэт2-2021), единиц времени, частоты и национальной шкалы времени (гэт1-2018), единицы давления-паскаля (гэт23-2010).

Реализация методики поверки обеспечивается косвенными измерениями объема и объемного расхода воздуха и прямыми измерениями времени, частоты и давления воздуха.

2 Перечень операций поверки

При проведении поверки выполняют операции, указанные в таблице 1.

Таблица 1 – Операции поверки

Наименование операции	Номер пункта настоящей методики поверки	Обязательность проведения операции при	
		первичной поверке	периодической поверке
1 Внешний осмотр	7.1	Да	Да
2 Подготовка к поверке и опробование	7.2	Да	Да
3 Подтверждение соответствия программного обеспечения (ПО)	7.3	Да	Да
4 Определение метрологических характеристик			
4.1 Определение погрешности воспроизведения объема воздуха	7.4.1	Да	Да
4.2 Определение погрешности воспроизведения постоянного объемного расхода воздуха	7.4.2	Да	Да
4.3 Определение погрешности воспроизведения пикового объемного расхода воздуха	7.4.3	Да	Да
4.4 Определение погрешности измерений давления воздуха	7.4.4	Да	Да
4.5 Проверка тактовой частоты микроконтроллера	7.4.5	Да	Да
5 Подтверждение соответствия средства измерений метрологическим требованиям	8	Да	Да

3 Требования к условиям проведения поверки

При проведении поверки должны соблюдаться следующие условия:

- температура окружающей среды, °C от +17 до +27;
- относительная влажность воздуха, % от 30 до 80;
- атмосферное давление, кПа от 96 до 104.

4 Требования к специалистам, осуществляющим поверку

К проведению поверки допускаются лица, имеющие опыт поверки средств измерений, изучившие документацию на средства поверки и поверяемые установки, настоящую методику поверки и имеющие не ниже II квалификационной группы по электробезопасности.

5 Метрологические и технические требования к средствам поверки

5.1 При проведении поверки применяются основные средства поверки указанные в таблице 2.

Таблица 2 – Средства поверки

Номер пункта НД по поверке	Наименование и тип средства поверки и вспомогательного оборудования
7.4.1	Штангенциркуль ABSOLUTE DIGIMATIC серии 500 (Госреестр № 49805-12); – диапазон измерений от 0 до 450 мм; – предел допускаемой погрешности $\pm 0,06$ мм
7.4.2 – 7.4.3	Осциллограф цифровой запоминающий WaveSurfer, модификация WaveSurfer 3024R (Госреестр № 60893-15); – диапазон измерений длительности импульсов от $4 \cdot 10^{-10}$ до 480 с; – предел допускаемой погрешности измерений длительности импульсов $\pm (3 \cdot 10^{-11} + 10^{-5} \cdot T_{\text{изм}})$
7.4.4	Измеритель давления цифровой ИДЦ-2 (Госреестр № 46121-10); – диапазон измерений давления от 0 до 160 кПа; – пределы допускаемой погрешности $\pm 0,05$ %
7.4.5	Частотомер 53220А (Госреестр № 51077-12); – диапазон измерения частоты от $1 \cdot 10^{-3}$ до $3,5 \cdot 10^8$ Гц; – предел допускаемой погрешности измерений частоты $\pm 5 \cdot 10^{-8}$ %
7.4.1 – 7.4.5	Барометр-анероид метеорологический БАММ-1 (Госреестр № 5738-76); – диапазон измерений давления: от 80 до 106 кПа; – предел допускаемой погрешности: $\pm 0,2$ кПа; Прибор комбинированный Testo 610 (Госреестр № 53505-13); – диапазон измерений температуры от 0 до $+50$ °С; – предел допускаемой погрешности измерений температуры: $\pm 0,5$ °С; – диапазон измерений относительной влажности от 15 до 85 %; – предел допускаемой погрешности измерений относительной влажности: $\pm 2,5$ %

5.2 Допускается применение аналогичных средств поверки, обеспечивающих определение метрологических характеристик поверяемого СИ с требуемой точностью.

6 Требования (условия) по обеспечению безопасности проведения поверки

6.1 При проведении поверки должны соблюдаться правила технической эксплуатации электроустановок потребителей, правила техники безопасности при эксплуатации электроустановок потребителей, меры безопасности, приведенные в эксплуатационной документации на используемые средства поверки.

6.2 На рабочем месте сетевые цепи, для исключения электромагнитных помех, должны быть удалены от установок на достаточное расстояние. Вблизи рабочего места не должно быть источников электромагнитных помех. Кроме того, во время проведения поверки необходимо обеспечить отсутствие источников тепла или холода, прямое действие солнечных лучей или иных источников света или энергии.

7 Проведение поверки

7.1 Внешний осмотр средства измерений

7.1.1 При проведении внешнего осмотра должно быть установлено соответствие поверяемых установок следующим требованиям:

- комплектность установок должна соответствовать руководству по эксплуатации;
- внешний вид установок должен соответствовать фотографиям, приведенным в их

руководстве по эксплуатации и описании типа средств измерений;

- наличие пломбы предприятия-изготовителя для предотвращения доступа к механическим и к электронным частям установок;
- корпус, разъемы, кабель USB и кабель питания не должны иметь механических повреждений, а также видимых дефектов, способных оказать влияние на безопасность проведения поверки или результат поверки;
- разъемы должны быть чистыми.

7.1.2 Маркировка поверяемых установок должна быть различимой и содержать как минимум следующую информацию:

- наименование предприятия-изготовителя;
- наименование типа (модификации) установки;
- номер технических условий;
- серийный (заводской) номер установки;
- знак утверждения типа;
- месяц и год изготовления установки (или две последние цифры).

7.1.3 Результаты выполнения операции считать положительными, если выполняются вышеуказанные требования.

7.2 Подготовка к поверке и опробование средства измерений

При опробовании производят подготовку установки к работе в соответствии с руководством по эксплуатации.

Проверяют выполнение всех процедур, указанных в п. 2.3 руководства по эксплуатации, в противном случае дальнейшая поверка не проводится.

7.3 Подтверждение соответствия ПО

7.3.1 Включить установку согласно руководству по эксплуатации. Запустить программу `FantomPC.exe`. В правом нижнем углу окна программы появится номер версии и значение контрольной суммы ПО. Убедиться, что полученные данные совпадают с идентификационными данными, установленными при утверждении типа и указанными в описании типа на установку.

7.4 Определение метрологических характеристик

7.4.1 Определение погрешности воспроизведения объема воздуха.

7.4.1.1 Включить установку в электрическую сеть и запустить программу `Fantom_PC.exe` в соответствии с руководством по эксплуатации. Перевести программу в тестовый режим, нажав комбинацию клавиш «Ctrl + S», выбрать режим «Тест хода штока» и нажать кнопку «Ввод» в поле «Выбор тестового режима».

7.4.1.2 Нажать кнопку «Исходное» в поле «Управление поршнем». После завершения движения поршня подсоединить измерительный стержень. Для этого нужно отвернуть заглушку в задней стенке верхней крышки установки, вставить в отверстие измерительный стержень и, продвинув стержень внутрь до упора, ввернуть его, вращая пальцами рукоятку стержня по часовой стрелке и не прилагая значительных усилий. После этого завернуть в отверстие в задней стенке крышки установки резьбовую втулку на стержне.

7.4.1.3 Выбрать в таблице окна программы кривую № 28, в окне ввода установить значение объема 500 мл (см^3), значение объемного расхода 1000 мл/с ($\text{см}^3/\text{с}$), нажать последовательно кнопки «Ввод» и «Загрузка». На появившейся панели в центральной части окна в поле «Расчетный ход штока поршня» появится расчетное значение хода штока поршня для выбранной кривой $X_{\text{расч}}$, мм. Записать это значение в таблицу 3.

7.4.1.4 Перевести поршень установки в исходное положение, нажав кнопку «Исходное». Штангенциркулем измерить начальное положение штока поршня $X_{\text{нач}}$, мм согласно рис. 1.

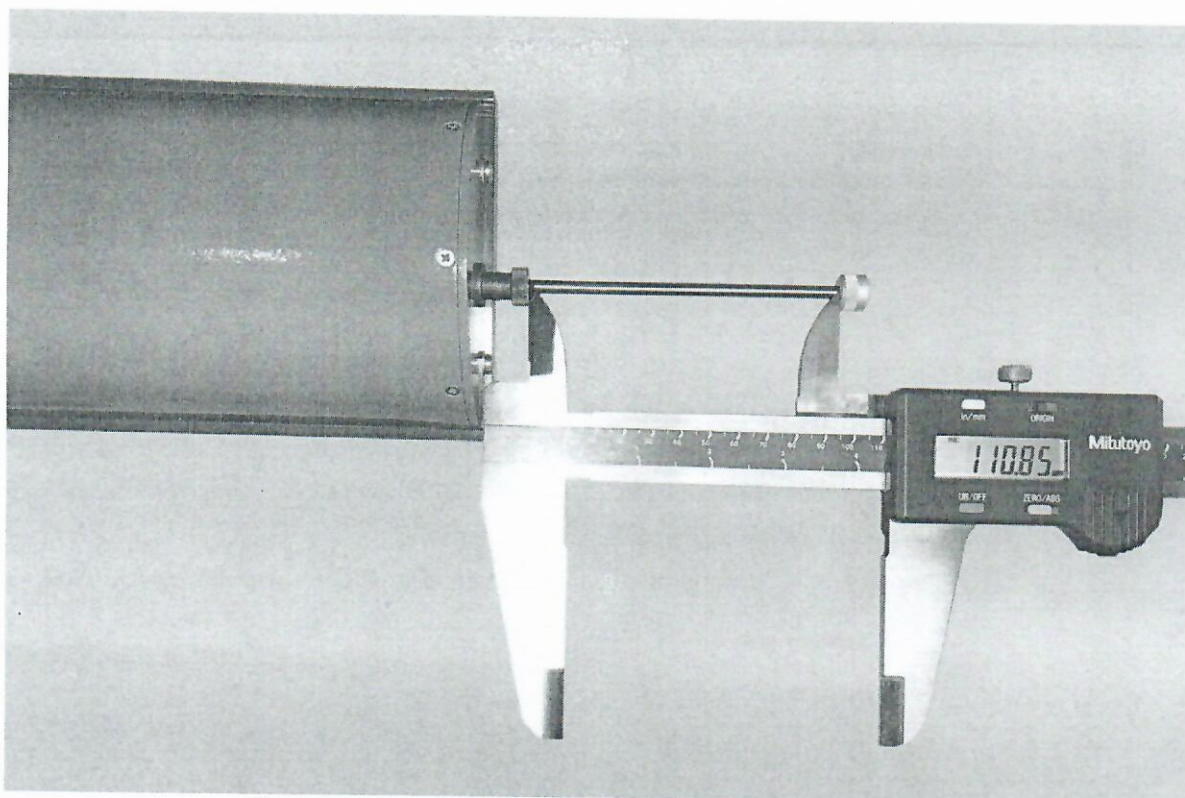


Рисунок 1 – Схема измерения положения штока поршня

7.4.1.5 Нажать кнопку «Выдох». Поршень совершит движение до конечного положения, соответствующего максимальному значению заданного объема $V_{\text{зад}}$, мл. Этому значению объема соответствует перемещение поршня: $X_{\text{расч}} = V_{\text{зад}}/S$. Штангенциркулем измерить конечное положение штока поршня $X_{\text{кон}}$, мм. Вычислить ход поршня по формуле:

$$X_{\text{изм}} = X_{\text{кон}} - X_{\text{нач.}}$$

Записать это значение в таблицу 3.

7.4.1.6 Повторить операции по п.п. 7.4.1.2 – 7.4.1.4 для значений объема равных:

– 1000, 2500, 5000 и 8000 мл (см^3) для модификации М8;

– 1000, 2500, 5000 и 10000 мл (см^3) для модификации М10.

Значение объемного расхода оставлять неизменным 1000 мл/с ($\text{см}^3/\text{с}$).

Таблица 3

Заданный объем $V_{\text{зад}}$, мл (см^3)	Расчетный ход штока, $X_{\text{расч}}$, мм	Измеренный ход штока, $X_{\text{изм}}$, мм	Относительная погрешность воспроизведения объема воздуха δ_V , % ($V > 2000$ мл (см^3))	Абсолютная погрешность воспроизведения объема воздуха, Δ_V , мл ($V \leq 2000$ мл (см^3))

7.4.1.7 Абсолютная погрешность воспроизведения объема воздуха для кривых в диапазоне объема от 0 до 2 л (дм^3) ΔV , мл проверяется измерением перемещения штока поршня и вычисляется по формуле:

$$\Delta V = 0,1 \cdot S \cdot \Delta X = 0,1 \cdot S \cdot (X_{\text{изм}} - X_{\text{расч}}).$$

диапазоне объема свыше 2 л (дм³) δV , % вычисляется по формуле:

$$\delta V = \frac{V_{\text{изм}} - V_{\text{зад}}}{V_{\text{зад}}} \cdot 100 \% = \frac{(S \cdot X_{\text{изм}}) - V_{\text{зад}}}{V_{\text{зад}}} \cdot 100 \%,$$

где $V_{\text{изм}}$ – измеренное значение объема, л (дм³);
 $V_{\text{зад}}$ – заданное значение объема, л (дм³).
 $X_{\text{изм}}$ – измеренное значение хода штока поршня, см;
 $S = 314,316 \text{ см}^2$ – номинальная площадь цилиндра.

Поскольку,

$$\begin{aligned} \delta V &= \frac{V_{\text{изм}} - V_{\text{зад}}}{V_{\text{зад}}} \cdot 100 \% = \frac{(S \cdot X_{\text{изм}} - S \cdot X_{\text{расч}})}{S \cdot X_{\text{расч}}} \cdot 100 \% = \\ &= \frac{S(X_{\text{изм}} - X_{\text{расч}})}{S \cdot X_{\text{расч}}} \cdot 100 \% = \frac{X_{\text{изм}} - X_{\text{расч}}}{X_{\text{расч}}} \cdot 100 \% = \delta X, \end{aligned}$$

то относительная погрешность при измерении объема δV равна относительной погрешности при измерении хода поршня δX .

В связи с этим целесообразно для сокращения трудоемкости не вычислять относительную погрешность при измерении объема δV , а использовать вместо нее относительную погрешность при измерении хода поршня δX :

$$\delta V = \frac{X_{\text{изм}} - X_{\text{расч}}}{X_{\text{расч}}} \cdot 100 \% = \delta X.$$

7.4.1.9 Вычислить погрешность воспроизведения объема воздуха для всех измерений.

7.4.2 Определение погрешности воспроизведения постоянного объемного расхода воздуха.

7.4.2.1 К измерительному разъему на корпусе установки подключить осциллограф, как показано на рис. 2.

7.4.2.2 Включить установку в электрическую сеть и запустить программу `Fantom_PC.exe` в соответствии с руководством по эксплуатации. Перевести программу в тестовый режим, нажав комбинацию клавиш «Ctrl + S» и выбрать режим «Тест постоянного расхода».

7.4.2.3 Выбрать в таблице окна программы кривую № 28, в окне ввода установить значение постоянного расхода $F_{\text{уст}} = 250 \text{ мл/с}$ (см³/с), значение объема оставить неизменным, последовательно нажать кнопки «Ввод» и «Загрузка».

7.4.2.4 Перевести поршень установки в исходное положение, нажав кнопку «Исходное», затем нажать кнопку «Выдох». Поршень совершит движение до конечного положения. При этом установка подаст одиночный импульс длительностью равной времени прохождения от начального положения поршня до конечного. Осциллографом измерить длительность импульса $T_{\text{изм}}$, с. На панели в центральной части окна «Тест постоянного расхода» появится расчетное значение хода штока $X_{\text{расч}}$, мм. Вычислить значение постоянного расхода $F_{\text{изм}}$, мл/с (см³/с) по формуле:

$$F_{\text{изм}} = \frac{0,1S \cdot X_{\text{расч}}}{T_{\text{изм}}},$$

где $S = 314,316 \text{ см}^2$ – номинальная площадь цилиндра. Записать это значение в таблицу 4.

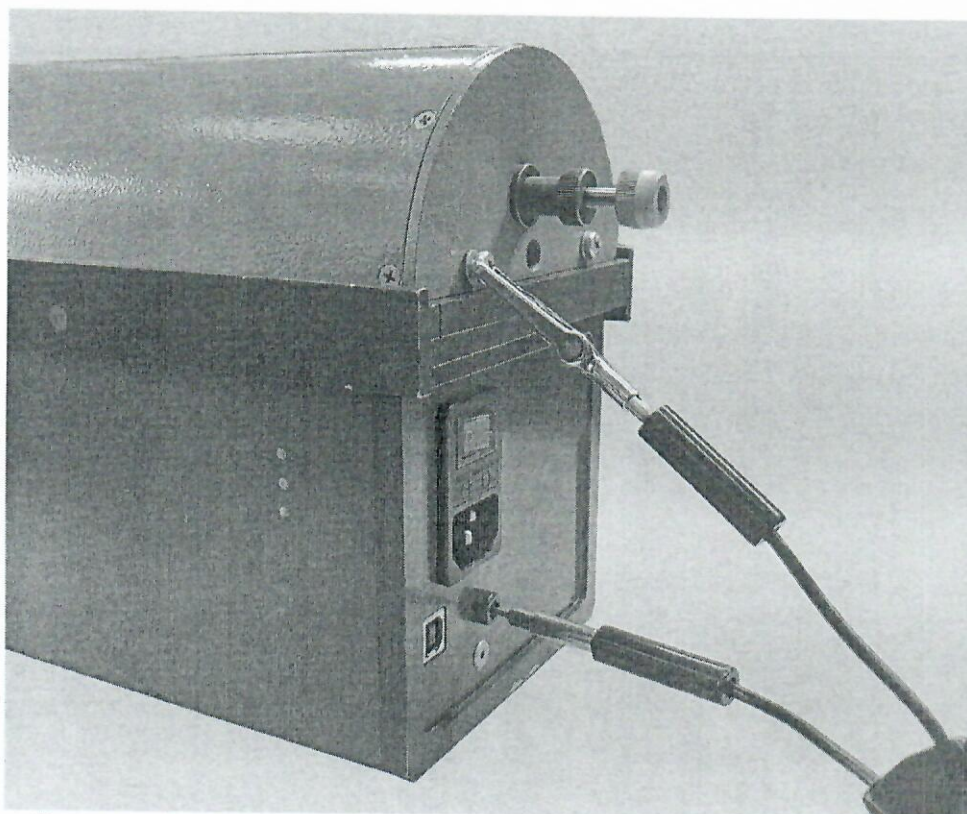


Рисунок 2 – Схема измерения частоты и длительности импульса

Таблица 4

Установленный постоянный расход $F_{\text{зад}}$, мл/с ($\text{см}^3/\text{с}$)	Расчетный ход штока поршня $X_{\text{расч}}$, мм	Измеренная длительность импульса, с	Измеренный постоянный расход $F_{\text{изм}}$, мл/с ($\text{см}^3/\text{с}$)	Относительная погрешность установки при воспроизведения объемного расхода воздуха δ_F , %

7.4.2.5 Повторить пункты 7.4.2.2 – 7.4.2.4 для значений постоянного расхода:

– 500, 1000, 2500, 5000 и 8000 мл/с ($\text{см}^3/\text{с}$) для модификации М8;

– 500, 1000, 2500, 5000 и 10000 мл/с ($\text{см}^3/\text{с}$) для модификации М10.

Значение объема оставлять неизменным.

7.4.2.6 Вычислить относительную погрешность установки при измерении постоянного объемного расхода воздуха для всех измерений по формуле:

$$\delta F = \frac{F_{\text{изм}} - F_{\text{уст}}}{F_{\text{уст}}} \cdot 100 \%,$$

где $F_{\text{уст}}$ – установленное значение постоянного расхода, мл/с ($\text{см}^3/\text{с}$);

$F_{\text{изм}}$ – измеренное значение постоянного расхода, мл/с ($\text{см}^3/\text{с}$), которое рассчитывается по формуле из п. 7.4.2.4.

7.4.3 Определение погрешности воспроизведения пикового объемного расхода воздуха.

7.4.3.1 К измерительному разъему на корпусе установки подключить осциллограф, как показано на рис. 2.

7.4.3.2 Для проведения проверки диапазона и погрешности воспроизведения пикового объемного расхода воздуха включить установку в электрическую сеть и запустить

программу `Fantom_PC.exe` в соответствии с руководством по эксплуатации. Перевести программу в тестовый режим, нажав комбинацию клавиш «Ctrl + S» и выбрать режим «Тест объемного расхода».

7.4.3.3 Выбрать в таблице окна программы кривую № 29, в окне ввода установить значение максимального расхода 250 мл/с ($\text{см}^3/\text{с}$), значение максимального объема 500 мл (см^3), значение объема при достижении максимального расхода 150 мл (см^3) и ширину полки 5 %. Нажать последовательно кнопки «Ввод» и «Загрузка».

7.4.3.4 Перевести поршень установки в исходное положение, нажав кнопку «Исходное», затем последовательно нажать кнопки «Вдох» и «Выдох». После нажатия кнопки «Выдох» поршень совершит движение до конечного положения, при достижении установленного максимального расхода, установка подаст одиночный импульс. Осциллографом измерить длительность импульса $T_{\text{изм}}$, с. На появившейся панели в центральной части окна появится расчетное значение хода штока $X_{\text{расч}}$, мм. Вычислить значение пикового объемного расхода $F_{\text{изм}}$, мл/с ($\text{см}^3/\text{с}$) по формуле:

$$F_{\text{изм}} = \frac{0,1S \cdot X_{\text{расч}}}{T_{\text{изм}}},$$

где $S = 314,316 \text{ см}^2$ – номинальная площадь цилиндра. Записать это значение в таблицу 5.

Таблица 5

Установленный пиковый объемный расход $F_{\text{зад}}$, мл/с ($\text{см}^3/\text{с}$)	Расчетный ход штока поршня $X_{\text{расч}}$, мм	Измеренная длительность импульса, с	Измеренный пиковый объемный расход $F_{\text{изм}}$, мл/с ($\text{см}^3/\text{с}$)	Относительная погрешность установки при воспроизведения пикового объемного расхода воздуха δ_F , %

7.4.3.5 Повторить пункты 7.4.3.2 – 7.4.3.4 устанавливая параметры для кривой, приведенные в таблице 6:

Таблица 6

Максимальный расход, мл/с ($\text{см}^3/\text{с}$)	Максимальный объем, мл (см^3)	Объем при достижении максимального расхода, мл (см^3)	Ширина полки от V_{max} , %
1000	1000	250	5
5000	4000	1000	10
12000	6000	2000	15
18000	8000	3000	25

П р и м е ч а н и е – Значения максимального объема могут несколько изменяться программой после нажатия кнопки «Ввод».

7.4.3.6 Вычислить относительную погрешность установки при измерении постоянного объемного расхода воздуха для всех измерений по формуле:

$$\delta F = \frac{F_{\text{изм}} - F_{\text{уст}}}{F_{\text{уст}}} \cdot 100 \%,$$

где $F_{\text{уст}}$ – установленное значение постоянного расхода, мл/с ($\text{см}^3/\text{с}$);

$F_{\text{изм}}$ – измеренное значение постоянного расхода, мл/с ($\text{см}^3/\text{с}$), которое рассчитывается по формуле из п. 7.4.3.4.

7.4.4 Определение погрешности измерения давления воздуха.

7.4.4.1 С помощью резиновой пробки со штуцером из комплекта поставки установки соединить выходной патрубков установки и измеритель давления.

7.4.4.2 Для проведения проверки диапазона и погрешности измерений давления воздуха включить установку в электрическую сеть и запустить программу `Fantom_PC.exe` в соответствии с руководством по эксплуатации.

7.4.4.3 Выбрать в панели «Режим работы» пункт «Измерение утечки», затем выбрать пункт «Утечка при $P=\text{const}$ »

7.4.4.4 В окне « $P_{\text{зад}}$ » ввести значение давления равное 1 кПа и нажать кнопку «Загрузка». После этого на экране появятся сообщения о необходимых действиях. Соединить выходной патрубков установки с измерителем давления и нажать кнопку «Выдох». Установка перейдет в режим стабилизации заданного давления и отображения его значения на графике.

7.4.4.5 После достижения заданного значения давления нажать кнопку «Start» в панели «Тест утечки воздуха» и через 5-10 секунд кнопку «Stop». В этом интервале времени снять показания измерителя давления $P_{\text{изм}}$, кПа и зафиксировать измеренное установкой давление $P_{\text{уст}}$, кПа, приведенное в появившейся после нажатия кнопки «Stop» таблице. Вычислить относительную погрешность измерений давления δP , % по формуле:

$$\delta P = \frac{P_{\text{изм}} - P_{\text{уст}}}{P_{\text{уст}}} \cdot 100 \, \%.$$

7.4.4.6 Повторить пункты 7.4.4.2 – 7.4.4.5 для значений давления 2, 3 и 4 кПа.

7.4.5 Проверка тактовой частоты микроконтроллера.

7.4.5.1 К измерительному разъему на корпусе установки подключить частотомер, как показано на рис. 2.

7.4.5.2 Перевести программу в тестовый режим, нажав комбинацию клавиш «Ctrl + S», выбрать режим «Тест частоты» и нажать кнопку «Ввод».

7.4.5.3 Измерить частотомером значение частоты.

8 Подтверждение соответствия средства измерений метрологическим требованиям

8.1 Результаты поверки считают положительными, если:

- абсолютная погрешность установки при воспроизведении объемов в диапазоне от 0 до 2 л (дм^3) находится в пределах ± 10 мл (см^3);

- относительная погрешность установки при воспроизведении объемов более 2 л (дм^3) находится в пределах $\pm 0,5 \, \%$;

- относительная погрешность установки при воспроизведении постоянного объемного расхода воздуха находится в пределах $\pm 0,5 \, \%$;

- диапазон воспроизведения пикового объемного расхода воздуха составляет от 0 до 18 л/с ($\text{дм}^3/\text{с}$)

- относительная погрешность установки при воспроизведении пикового объемного расхода воздуха находится в пределах $\pm 2 \, \%$;

- диапазон измерений давления воздуха составляет от 1 до 4 кПа, а относительная погрешность измерений давления воздуха находится в пределах $\pm 3 \, \%$;

- тактовая частота микроконтроллера находится в пределах от 31219 до 31281 Гц.

9 Оформление результатов поверки

7.1 Сведения о результатах поверки средств измерений передаются в Федеральный информационный фонд по обеспечению единства измерений.

7.2 При положительных результатах поверки по заявлению владельца средства измерений или лица, представившего его на поверку, выдается свидетельство о поверке средства измерений, оформленное в соответствии с действующими нормативно-правовыми документами.

7.3 При отрицательных результатах поверки по заявлению владельца средства измерений или лица, представившего его на поверку, выдается извещение о непригодности к применению средства измерений, оформленное в соответствии с действующими нормативно-правовыми документами.

Начальник лаборатории
№ 421 ФБУ «Ростест-Москва»



А.В. Казак

Инженер по метрологии II категории
лаборатории № 421 ФБУ «Ростест-Москва»



Д.В. Вагин