

СОГЛАСОВАНО
Генеральный директор
ЗАО КИП «МЦЭ»

_____ А. В. Фёдоров

«_____» 2021 г.



Государственная система обеспечения единства измерений

**Манометры, вакуумметры, мановакуумметры, напоромеры, тягомеры и
тягонапоромеры МТТ**

Методика поверки

МЦКЛ.0315.МП

Москва
2021

Содержание

| | |
|---|----|
| Содержание..... | 2 |
| 1 Общие положения..... | 3 |
| 2 Перечень операций поверки..... | 4 |
| 3 Требования к условиям проведения поверки | 4 |
| 4 Требования к специалистам, осуществляющим поверку..... | 4 |
| 5 Метрологические и технические требования к средствам поверки..... | 5 |
| 6 Требования (условия) по обеспечению безопасности проведения поверки..... | 6 |
| 7 Внешний осмотр | 6 |
| 8 Подготовка к поверке и опробование средства измерений | 6 |
| 9 Определение метрологических характеристик..... | 7 |
| Основные метрологические характеристики приборов приведены в приложении Б..... | 7 |
| 9.1 Определение основной приведенной к диапазону показаний погрешности измерений давления и вариации показаний. | 7 |
| 9.2 Определение приведенной к диапазону показаний погрешности срабатывания сигнализирующего устройства. | 9 |
| 9.3 Определение абсолютной погрешности измерений температуры и вариации показаний (только для модификации ТМР). | 10 |
| 10 Подтверждение соответствия средства измерений метрологическим требованиям | 11 |
| 11 Оформление результатов поверки..... | 12 |
| Приложение А | 13 |
| Приложение Б | 14 |

1 Общие положения

1.1 Настоящая методика поверки распространяется на манометры, вакуумметры, мановакуумметры, напоромеры, тягомеры и тягонапоромеры МТТ и устанавливает методы и средства их первичной (до ввода в эксплуатацию, а также после ремонта) и периодической (в процессе эксплуатации по истечению интервала между поверками) поверок.

1.2 Манометры, вакуумметры, мановакуумметры, напоромеры, тягомеры и тягонапоромеры МТТ (далее – приборы) предназначены для измерений и контроля (сигнализации) избыточного давления и давления-разрежения различных сред (жидкость, газ и пар), а также измерений температуры.

1.3 Поверку приборов осуществляют аккредитованные на проведение поверки в соответствии с законодательством РФ об аккредитации в национальной системе аккредитации юридические лица и индивидуальные предприниматели.

1.4 При определении метрологических характеристик в рамках проводимой поверки обеспечивается передача единицы давления в соответствии с Государственной поверочной схемой, утвержденной приказом Росстандарта от 29 июня 2018 г. № 1339, подтверждающая прослеживаемость к государственным первичным эталонам ГЭТ 23-2010, ГЭТ 43-2013.

1.5 При определении метрологических характеристик в рамках проводимой поверки обеспечивается передача единицы температуры (для модификации ТМР) в соответствии с Государственной поверочной схемой по ГОСТ 8.558-2009, подтверждающая прослеживаемость к государственному первичному эталону ГЭТ 34-2020.

1.6 Единица давления передается методом непосредственного сравнения с помощью эталонов 1-го разряда.

1.7 Единица температуры (для модификации ТМР) передается методом непосредственного сличения с помощью эталона 3-го разряда.

1.8 Все средства измерений, применяемые при поверке, должны быть поверены. Сведения о результатах их поверки должны быть размещены в Федеральном информационном фонде по обеспечению единства измерений.

2 Перечень операций поверки

2.1 При проведении поверки должны быть выполнены следующие операции, указанные в таблице 1.

Таблица 1 – Операции поверки

| Наименование операции | Номер пункта методики | Обязательность проведения операций при поверке | |
|--|-----------------------|--|---------------|
| | | первичной при вводе в эксплуатацию | периодической |
| 1 Внешний осмотр средства измерений | 7 | да | да |
| 2 Подготовка к поверке и опробование средства измерений | 8 | да | да |
| 3 Определение метрологических характеристик средства измерений: | 9 | | |
| 3.1 Определение основной приведенной к диапазону показаний погрешности измерений давления и вариации | 9.1 | да | да |
| 3.2 Определение приведенной к диапазону показаний погрешности срабатывания сигнализирующего устройства | 9.2 | да | да |
| 3.3 Определение абсолютной погрешности измерения температуры (для модификации ТМР) | 9.3 | да | да |

3 Требования к условиям проведения поверки

3.1 При проведении поверки должны соблюдаться следующие условия:

- температура окружающего воздуха от 18 до 28 °С;
- относительная влажность воздуха от 30 до 80 %;
- атмосферное давление от 86,0 до 106,7 кПа.

4 Требования к специалистам, осуществляющим поверку

4.1 Поверка приборов должна выполняться специалистами, аттестованными в качестве поверителей данного вида средств измерений, ознакомленными с эксплуатационными документами и освоившими работу с прибором.

5 Метрологические и технические требования к средствам поверки

5.1 При проведении поверки применяются средства поверки с техническими и метрологическими характеристиками, приведенными в таблице 2.

Таблица 2 – Технические и метрологические характеристики средств поверки

| Наименование эталона единиц величины, средства измерений | Технические и метрологические характеристики | Примечания |
|--|--|------------|
| Манометр избыточного давления грузопоршневой PD-2500 | Диапазон измерения избыточного давления от 2,5 до 250 МПа. Пределы допускаемой приведенной погрешности манометра для поддиапазона от 2,5 до 25 МПа: $\pm 0,02\%$ от 0,1D. Пределы допускаемой относительной погрешности манометра для поддиапазона от 25 до 250 МПа: $\pm 0,02\%$ | 26233-11* |
| Калибратор многофункциональный DPI 620. Модуль давления IDOS UPM P | Диапазон измерения избыточного давления от -0,1 до 2 МПа. Пределы допускаемой приведенной погрешности $\pm 0,015\%$ | 60401-15* |
| Калибратор давления CPC6050 с преобразователем CPR6050 | Перенастраиваемые диапазоны измерений: от (от 0 до 0,0025 МПа) до (от -0,1 до 21 МПа). Пределы основной допускаемой приведенной к диапазону измерений погрешности $\pm 0,01\%$ | 70999-18* |
| Термометр сопротивления платиновый вибропрочный ТСПВ-1 | Диапазон измерений температуры от минус 80 °С до плюс 200 °С. Пределы абсолютной доверительной погрешности $\pm(0,02+0,0005 \cdot t)$ | 50256-12* |
| Измеритель температуры многоканальный прецизионный МИТ 8.15. | Диапазон измерений от минус 200 до плюс 962 °С. Предел допускаемой абсолютной погрешности $\pm(0,003+10^{-5} \cdot t)$ °С, где t – измеряемая температура. Диапазон измерения сопротивления от 75 до 2000 Ом. Предел допускаемой основной абсолютной погрешности $\pm(0,0001+10^{-5} R)$ Ом, где R-измеряемое сопротивление | 19736-11* |
| Термогигрометр ИВА-6 | Диапазон измерений температуры от 0 до плюс 60 °С, пределы основной допускаемой абсолютной погрешности измерений температуры $\pm 0,3$ °С, диапазон измерений относительной влажности от 0 до 98 %, пределы основной допускаемой абсолютной погрешности в диапазоне от 0 до 90 %, не более $\pm 2\%$, в диапазоне от 90 до 98 %, не более $\pm 3\%$ | 46434-11* |

* Регистрационный номер в Федеральном информационном фонде по обеспечению единства измерений

5.2 При поверке применяются следующие вспомогательные средства:

- помпа ручная PV411-HP, диапазон давлений от -0,095 до 70 МПа;
- камера тепла-холода, диапазон температур от минус 65 °С до плюс 165 °С, среднее допустимое отклонение температуры ± 3 °С.

5.3 Допускается применение аналогичных средств поверки, обеспечивающих определение метрологических характеристик поверяемых приборов с требуемой точностью. Отношение предела допускаемого значения погрешности эталона к пределу допускаемого значения основной погрешности поверяемого прибора, в каждой поверяемой точке, не должно превышать 0,33.

6 Требования (условия) по обеспечению безопасности проведения поверки

6.1 При проведении поверки должны соблюдаться:

– требования безопасности к проведению электрических испытаний по ГОСТ 12.3.019-80 «Система стандартов безопасности труда. Испытания и измерения электрические. Общие требования безопасности»;

– требования безопасности, предусмотренные «Правилами технической эксплуатации электроустановок потребителей» и «Правилами по охране труда при эксплуатации электроустановок» ПОТЭУ (2014);

– указания по технике безопасности, приведенные в эксплуатационной документации на эталонные средства измерений и средства поверки.

6.2 Запрещается создавать избыточное давление и температуру, превышающие верхние пределы измерений поверяемых приборов и рабочих эталонов.

7 Внешний осмотр

7.1 При внешнем осмотре должно быть установлено:

– соответствие заводского номера прибора номеру, указанному в паспорте;

– отсутствие механических и других повреждений и дефектов прибора, влияющих на эксплуатационные свойства прибора и препятствующих проведению поверки.

7.2 Результат проверки внешнего вида прибора положительный, если выполняются все подпункты п. 7.1.

7.3 При положительных результатах проверки внешнего вида прибора поверка прибора продолжается по операциям, указанным в таблице 1.

8 Подготовка к поверке и опробование средства измерений

8.1 Перед поверкой прибор выдерживают при условиях поверки не менее 1 часа в теплый период года и не менее 12 часов в холодный период года.

8.2 При опробовании проверяется герметичность и работоспособность прибора.

8.3 Для опробования прибора необходимо:

– собрать измерительную систему в соответствии с приложением А (далее - система);

– при необходимости заземлить используемые приборы;

– подготовить приборы и средства поверки в соответствии с их эксплуатационными документами.

8.4 При отсутствии давления показания прибора должны соответствовать нулю избыточного давления.

8.5 При необходимости откорректировать установку нуля на приборе при подаче атмосферного давления (если позволяет модификация поверяемого прибора).

8.6 При подаче давления с помощью источника давления и/или эталонного средства измерений показания прибора должны изменяться пропорционально величине воздействующего давления.

8.7 Прибор должен быть герметичным при подаче давления, соответствующего верхнему пределу измерений.

8.8 Результаты опробования считать положительными, если выполняются требования пунктов 8.4-8.6.

9 Определение метрологических характеристик

Основные метрологические характеристики приборов приведены в приложении Б.

9.1 Определение основной приведенной к диапазону показаний погрешности измерений давления и вариации показаний.

9.1.1 Определение основной приведенной к диапазону показаний погрешности прибора производят:

- в восьми контрольных точках для приборов классов точности 0,4 и 0,6;
- в пяти контрольных точках для приборов классов точности 1; 1,5; 2,5; 4.

Контрольные точки должны быть равномерно распределены в диапазоне измерений и включать значения близкие к наименьшему (P_{\min}) и наибольшему (P_{\max}) пределам измерений. Для этого на вход прибора подать последовательно значения эталонного давления с помощью источника давления и/или эталонного средства измерений.

Примечания:

1. Диапазон измерений, % от диапазона показаний:

- избыточного давления от 0 до 75;
- вакуумметрического давления от 0 до 100.

2. При определении погрешности указатели сигнализирующего устройства должны быть отведены за пределы измерений.

9.1.2 Основную приведенную к диапазону показаний погрешность измерений определяют при значении измеряемой величины, полученной при приближении к нему как от меньших значений к большим, так и от больших значений к меньшим (при прямом и обратном ходе). Движение стрелки должно происходить плавно, без заеданий и скачков. При достижении нужного давления рекомендуется выдержать систему до успокоения колебательных процессов.

9.1.3 С помощью средств поверки воспроизвести (измерить) давление, соответствующее контрольной точке близкой P_{\min} , далее записать показание поверяемого прибора и эталона в таблицу 3 (столбцы 3, 5). Далее повторить процедуру для каждой контрольной точки. При этом воспроизведение и измерение давления осуществляется от меньших значений измеряемой величины к большим (прямой ход).

9.1.4 После снятия показаний в контрольной точке близкой к наибольшему пределу измерений, необходимо выдержать поверяемый прибор в течении 1 мин при давлении, соответствующем верхнему пределу показаний.

9.1.5 С помощью средств поверки воспроизвести (измерить) давление, соответствующее контрольной точке близкой P_{max} , далее записать показание поверяемого прибора и эталона в таблицу 3 (столбцы 4, 6). Далее повторить процедуру для каждой контрольной точки. При этом воспроизведение и измерение давления осуществляется от больших значений измеряемой величины к меньшим (обратный ход).

Таблица 3 – Определение основной приведенной к диапазону показаний погрешности измерений

| № | Номинальное значение давления $P_{(i)}$, кПа (МПа) | Измеренное (задаваемое) эталоном значение давления $P_{эт(i)}$, кПа (МПа) | | Измеренное прибором значение давления $P_{изм(i)}$, кПа (МПа) | | Основная приведенная к диапазону показаний погрешность $\gamma_{изм(i)}$, % | | Вариация $V_{P(i)}$, кПа (МПа) | |
|--------|---|--|--------------|--|--------------|--|--------------|---------------------------------|---|
| | | прямой ход | обратный ход | прямой ход | обратный ход | прямой ход | обратный ход | | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | |
| 1 | P_{min} | | | | | | | | |
| ... | ... | | | | | | | | |
| 5 (8)* | P_{max} | | | | | | | | |
| 6 (9) | Наибольшее по модулю значение основной погрешности $\gamma_{изм}$ | | | | | | | | - |
| 7 (10) | Наибольшее по модулю значение вариации V_P | | | | | | | | |

* Количество контрольных точек зависит от класса точности поверяемого прибора

9.1.6 Вычислить основную приведенную к диапазону показаний погрешность измерений ($\gamma_{изм(i)}$) по формуле (1) для прямого и обратного хода и записать в столбцы 7, 8 таблицы 3.

$$\gamma_{изм(i)} = \frac{P_{изм(i)} - P_{эт(i)}}{D_{пок}} \cdot 100, \quad (1)$$

где $\gamma_{изм(i)}$ – значение погрешности i -го измерения, %;

$P_{изм(i)}$ – значение давления i -го измерения, отображаемого поверяемым прибором, кПа (МПа);

$P_{эт(i)}$ – значение давления i -го измерения, измеренное эталонным средством измерений, кПа (МПа);

$D_{пок}$ – диапазон показаний, кПа (МПа).

9.1.7 Выбрать наибольшую по абсолютному значению основную приведенную погрешность ($\gamma_{изм}$), и записать ее в строку 6 (9) таблицы 3.

9.1.8 Вычислить вариацию для всех измерений по формуле (2) и заполнить столбец 9 таблицы 3:

$$V_{P(i)} = P_{пх(i)} - P_{ох(i)}, \quad (2)$$

где $V_{P(i)}$ – значение вариации i -го измерения прибором, кПа (МПа);

$P_{пх(i)}$ – значение давления, полученное при прямом ходе i -го измерения прибором, кПа (МПа);

$P_{ох(i)}$ – значение давления, полученное при обратном ходе i -го измерения прибором, кПа (МПа).

9.1.9 Выбрать наибольшую по абсолютному значению вариацию (V_P). Записать значение в строку 7 (10) таблицы 3.

9.2 Определение приведенной к диапазону показаний погрешности срабатывания сигнализирующего устройства.

9.2.1 При проверке диапазона уставок для электроконтактных модификаций приборов определяется приведенная к диапазону показаний погрешность срабатывания сигнализирующего устройства в диапазоне уставок от 5 % до 95 % диапазона показаний.

9.2.2 Приведенную к диапазону показаний погрешность срабатывания сигнализирующего устройства ($\gamma_{сигн(i)}$) определяют на трех отметках шкалы как разность между значением параметра, на которое установлен указатель сигнализирующего устройства, и действительным значением измеряемого параметра по эталонному средству измерений, при котором произошло срабатывание (появление и исчезновение сигнала), по формуле (1), результаты измерений и расчетов записывают в таблицу 4.

9.2.3 Вариацию срабатывания рассчитывают, как разность срабатывания при повышающемся и понижающемся давлении, по формуле (2) и записывают в таблицу 4.

Таблица 4 – Определение приведенной к диапазону показаний погрешности срабатывания сигнализирующего устройства

| № | Номинальное значение давления $P_{(i)}$, кПа (МПа) | Измеренное эталоном значение давления $P_{эт(i)}$, кПа (МПа) | | Измеренное прибором значение давления $P_{изм(i)}$, кПа (МПа) | | Приведенная к диапазону погрешность срабатывания $\gamma_{сигн(i)}$, % | | Вариация срабатывания $V_{сигн(i)}$, кПа (МПа) | |
|---|---|---|--------------|--|--------------|---|--------------|---|---|
| | | прямой ход | обратный ход | прямой ход | обратный ход | прямой ход | обратный ход | | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | |
| 1 | $0,05 \cdot D_{пок}$ | | | | | | | | |
| 2 | $0,50 \cdot D_{пок}$ | | | | | | | | |
| 3 | $0,95 \cdot D_{пок}$ | | | | | | | | |
| 4 | Наибольшее по модулю значение приведенной погрешности $\gamma_{сигн}$ | | | | | | | | - |
| 5 | Наибольшее по модулю значение вариации $V_{сигн}$ | | | | | | | | |

9.3 Определение абсолютной погрешности измерений температуры и вариации показаний (только для модификации ТМР).

9.3.1 Определение абсолютной погрешности производят при пяти температурных значениях, равномерно распределенных в пределах диапазона измерений.

9.3.2 Абсолютную погрешность определяют при значении измеряемой величины, полученной при приближении к нему как от меньших значений к большему, так и от больших значений к меньшим (при прямом и обратном ходе). Движение стрелки должно происходить плавно, без заеданий и скачков.

9.3.3 С помощью средств поверки воспроизвести (измерить) температуру, соответствующую контрольной точке близкой к t_{\min} , далее записать показание поверяемого прибора и эталона в таблицу 5 (столбцы 2, 4). Далее повторить процедуру для каждой контрольной точки. При этом воспроизведение и измерение температуры осуществляется от меньших значений измеряемой величины к большим (прямой ход).

9.3.4 После снятия показаний в контрольной точке близкой к наибольшему пределу измерений, необходимо выдержать поверяемый прибор в течении 1 мин при температуре, соответствующей верхнему пределу показаний.

9.3.5 С помощью средств поверки воспроизвести (измерить) температуру, соответствующую контрольной точке близкой к t_{\max} , далее записать показание поверяемого прибора и эталона в таблицу 5 (столбцы 3, 5). Повторить процедуру для каждой контрольной точки. При этом воспроизведение и измерение температуры осуществляется от больших значений измеряемой величины к меньшим (обратный ход).

Таблица 5 – Определение абсолютной погрешности измерений температуры и вариации показаний

| № | Измеренное (задаваемое) эталоном значение температуры $t_{эт(i)}$, °С | | Измеренное прибором значение температуры $t(i)$, °С | | Абсолютная погрешность $\Delta_{t(i)}$, °С | | Вариация $V_{t(i)}$, °С |
|---|--|--------------|--|--------------|---|--------------|--------------------------|
| | прямой ход | обратный ход | прямой ход | обратный ход | прямой ход | обратный ход | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| 1 | | | | | | | |
| 2 | | | | | | | |
| 3 | | | | | | | |
| 4 | | | | | | | |
| 5 | | | | | | | |
| 6 | Наибольшее по модулю значение абсолютной погрешности Δ_t | | | | | | - |
| 7 | Наибольшее по модулю значение вариации V_t | | | | | | |

9.3.6 Вычислить абсолютную погрешность измерений температуры ($\Delta_{t(i)}$) по формуле (3) для каждого значения t и записать ее в столбцы 6, 7 таблицы 5.

$$\Delta_{t(i)} = t(i) - t_{эт(i)}, \quad (3)$$

где $\Delta_{t(i)}$ – абсолютная погрешность, °С;

$t(i)$ – значение температуры i -го измерения, отображаемого поверяемым прибором, °С;

$t_{эт(i)}$ – значение температуры i -го измерения, отображаемого эталонным средством измерений, °С.

9.3.7 Выбрать наибольшую по абсолютному значению абсолютную погрешность измерений температуры (Δ_t), и записать ее в строку 6 таблицы 5.

9.3.8 Вычислить вариацию для всех измерений по формуле (4) и заполнить столбец 8 таблицы 5:

$$V_{t(i)} = t_{пх(i)} - t_{ох(i)}, \quad (4)$$

где $V_{t(i)}$ – значение вариации i -го измерения прибором, °С;

$t_{пх(i)}$ – значение температуры, полученное при прямом ходе i -го измерения прибором, °С;

$t_{ох(i)}$ – значение температуры, полученное при обратном ходе i -го измерения прибором, °С.

9.3.9 Выбрать наибольшую по абсолютному значению вариацию (V_t) и записать значение в строку 7 таблицы 5.

10 Подтверждение соответствия средства измерений метрологическим требованиям

Результаты поверки считаются положительными:

- для всех модификаций, если во всех контрольных точках значение основной приведенной к диапазону показаний погрешности измерений давления не превышает значений ($0,8 \cdot \gamma_{доп(изм)}$) при первичной поверке (или поверке после ремонта) и $\gamma_{доп(изм)}$ при периодической поверке, где $\gamma_{доп(изм)}$ - пределы допускаемой основной приведенной к диапазону показаний погрешности измерений давления, указанные в паспорте на поверяемый прибор. При этом вариация показаний не должна превышать абсолютного значения $\gamma_{доп(изм)}$;

- для модификаций с сигнализирующим устройством (дополнительно), если во всех контрольных точках значение приведенной к диапазону показаний погрешности срабатывания сигнализирующего устройства не превышает значений $\gamma_{доп(сигн)}$, где $\gamma_{доп(сигн)}$ - пределы допускаемой приведенной к диапазону погрешности срабатывания сигнализирующего устройства указанные в паспорте на поверяемый прибор. При этом вариация срабатывания не должна превышать абсолютного значения $\gamma_{доп(сигн)}$;

- для модификации ТМР (дополнительно), если значение основной абсолютной погрешности измерений температуры не превышает значений $\Delta_{доп(изм)}$, где $\Delta_{доп(изм)}$ - пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений температуры, указанные в паспорте на поверяемый прибор (± 3 °С). При этом вариация показаний не должна превышать абсолютного значения $\Delta_{доп(изм)}$.

11 Оформление результатов поверки

11.1 При положительных результатах поверки результаты поверки приборов подтверждаются сведениями о результатах его поверки, включенными в Федеральный информационный фонд по обеспечению единства измерений и наносится знак поверки в соответствии с рисунком 1.

11.2 По заявлению владельца прибора или лица, представившего его на поверку, выдается свидетельство о поверке на прибор.

11.3 При отрицательных результатах поверки прибор к эксплуатации не допускается, сведения об отрицательных результатах поверки размещаются в Федеральном информационном фонде по обеспечению единства измерений.

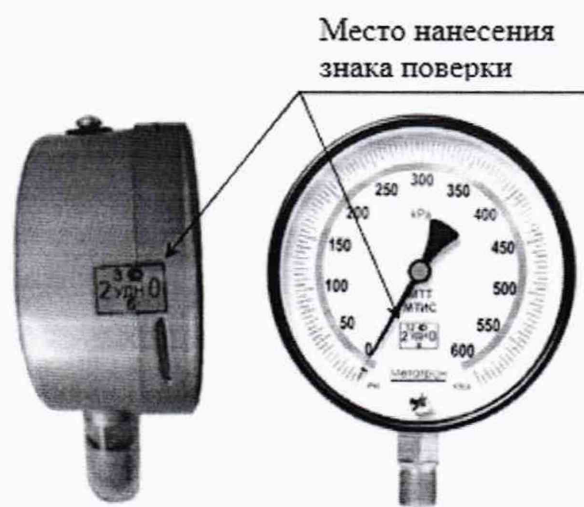


Рисунок 1 – Место нанесения знака поверки

Приложение А
(обязательное)
Схема поверки прибора

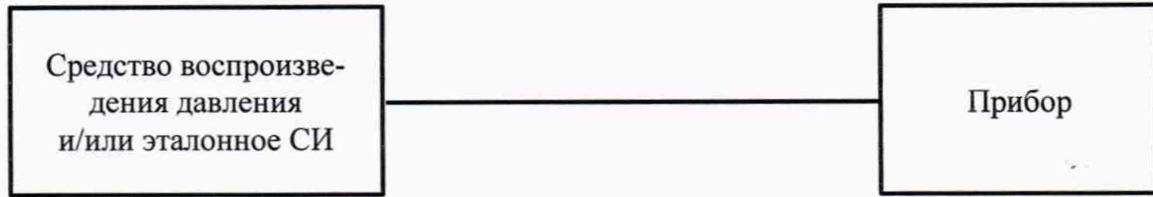


Рисунок А.1 – Схема проверки прибора при измерении давления



Рисунок А.2 – Схема проверки прибора при измерении температуры
(для модификации ТМР)

**Приложение Б
(обязательное)**

Основные метрологические характеристики

| Наименование характеристики | Значение | |
|--|--|--|
| Диапазон измерений, % от диапазона показаний: - избыточного давления - вакуумметрического давления | от 0 до 75 от 0 до 100 | |
| Пределы допускаемой основной приведенной к диапазону показаний погрешности измерений давления ($\gamma_{\text{доп(изм)}}$), %: - для приборов класса точности (далее - КТ) 0,4 - для приборов КТ 0,6 - для приборов КТ 1,0 - для приборов КТ 1,5 - для приборов КТ 2,5 - для приборов КТ 4,0 | $\pm 0,4$ $\pm 0,6$ $\pm 1,0$ $\pm 1,5$ $\pm 2,5$ $\pm 4,0$ | |
| Диапазон измерений температуры модификацией ТМР, °С: | от 0 до +120 | |
| Пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений температуры модификацией ТМР ($\Delta_{\text{доп(изм)}}$), °С: | ± 3 | |
| Вариация показаний, не более | абсолютного значения предела допускаемой основной погрешности | |
| Пределы допускаемой приведенной к диапазону погрешности срабатывания сигнализирующего устройства ($\gamma_{\text{доп(сигн)}}$), %: - модификации ВЭС 60; МВС 60; МЭС 60 - модификации ВЭН 160 Ву; ВЭНн 160; ВЭНн 160 Ву; ВЭС 160; МВС 160; МВЭН 160 Ву; МВЭНн 160; МВЭНн 160 Ву; МЭН 160 Ву; МЭНн 160; МЭНн 160 Ву; МЭС 160 - модификации ВЭН 100 Ву; ВЭНн 100; ВЭНн 100 Ву; ВЭС 100; МВС 100; МВЭН 100 Ву; МВЭНн 100; МВЭНн 100 Ву; МЭН 100 Ву; МЭНн 100; МЭНн 100 Ву; МЭС 100 | Со скользящими контактами $\pm 4,0$ $\pm 2,5$ $\pm 2,5$ | С магнитным поджатием контактов $\pm 6,0$ $\pm 4,0$ $\pm 6,0$ |