

УТВЕРЖДАЮ

АО «НИИФИ»

Руководитель ЦИ СИ



М.Е. Горшенин

2015 г.

**Преобразователи первичные абсолютного давления**

**Вм 227**

**МЕТОДИКА ПОВЕРКИ**

**Вм 2.832.044 МП**

*н.р. 63962-16*

## СОДЕРЖАНИЕ

Вводная часть.....	3
1 Операции поверки.....	3
2 Средства поверки.....	3
3 Требования безопасности.....	3
4 Условия поверки.....	4
5 Подготовка к поверке.....	4
6 Проведение поверки.....	4
7 Оформление результатов поверки.....	9
Приложение А.....	10
Приложение Б.....	12

## Вводная часть

Настоящая методика по поверке распространяется на преобразователи первичные абсолютного давления Вм 227(преобразователи давления Вм 227), предназначенные для преобразования абсолютного давления в напряжение постоянного тока и служащие в комплекте с преобразователем Вм 5510 для измерения указанного давления.

Межповерочный интервал – 2 года.

## 1 Операции поверки

1.1 При проведении поверки должны выполняться операции, указанные в таблице 1.

Таблица 1

Наименование операции	Номер пункта методики по поверке	Проведение операции при	
		первичной поверке	периодической поверке
1 Контроль внешнего вида, маркировки	6.1	да	да
2 Определение начального выходного сигнала, номинального выходного сигнала	6.2	да	да
3 Определение допускаемой основной приведенной погрешности	6.3	да	да
4 Определение допускаемой дополнительной приведенной погрешности от изменения температуры	6.4	да	да

1.2 При получении отрицательного результата при проведении любой операции поверка прекращается.

## 2 Средства поверки

2.1 При проведении поверки рекомендуется применять средства поверки, указанные в таблице 2.

Таблица 2

Наименование и тип основного или вспомогательного средства поверки	Основные метрологические характеристики
1 Ампервольтметр универсальный Ф-30	Диапазон измерения от 2 мкВ до 350В, класс точности (0,05/0,02 – 0,15/0,05)
2 Источник питания постоянного тока Б5-8	Диапазон задаваемых напряжений от 2 до 50 В, погрешность задаваемых напряжений $\pm 3\%$
3 Манометр абсолютного давления МПА-15	Диапазон (0-400) кПа, класс точности 0,01
4 Установка для градуировки датчиков абсолютного давления Г003	Максимальная величина избыточного давления 6,5 МПа, минимальная величина абсолютного давления 0,01 мм рт.ст.
5 Камера тепла и холода МС-71	Диапазон температур от минус 80 °С до 100°С, стабильность поддержания температуры $\pm 0,5$ °С

2.2 Допускается замена средств поверки, указанных в таблице 2, другими средствами поверки с равными или более высокими техническими характеристиками.

## 3 Требования безопасности

3.1 При проведении поверки необходимо соблюдать общие требования безопасности по ГОСТ 12.3.019-80 и требования на конкретное поверочное оборудование.

## 4 Условия поверки

4.1 При проведении поверки должны соблюдаться следующие условия:

- температура окружающего воздуха от 15 до 35 °С;
- относительная влажность воздуха от 45 до 80 %;
- атмосферное давление от 86 до 106 кПа (от 645 до 795 мм рт.ст.).

4.2 Все измерения, если нет особых указаний, начинать не ранее, чем через 3 мин после включения напряжения питания датчика.

## 5 Подготовка к поверке

5.1 Перед проведением поверки подготовить средства поверки к работе согласно инструкции на них.

5.2 Не допускается применять средства поверки, срок обязательных поверок которых истек.

5.3 Перед проведением поверки следует проверить герметичность системы, состоящей из соединительных линий и образцовых приборов, давлением равным верхнему пределу измеряемого давления.

При определении герметичности систему подключить к источнику давления. Систему считать герметичной, если после 3 минут выдержки под давлением, равным верхнему пределу измерения, падение давления в последующие 2 мин не наблюдается.

5.4 Средой, передающей давление поверяемым датчиком, должны служить воздух или газообразный азот очищенные от масла и механических примесей.

5.5 Контрольно-измерительные приборы должны быть надежно заземлены с целью исключения влияния электрических полей на результаты измерений.

5.6 В процессе поверки датчика менять средства измерений не рекомендуется.

5.7 Порядок проведения испытаний должен соответствовать порядку изложения видов испытаний в таблице 1.

## 6 Проведение поверки

### 6.1 Контроль внешнего вида, маркировки

При проведении внешнего осмотра должно быть установлено соответствие преобразователя давления Вm 227 следующим требованиям:

- поверяемые датчики не должны иметь повреждений, препятствующих их дальнейшему применению;

- на поверхности датчика не должно быть вмятин, царапин, забоин, отслоений покрытий и других дефектов за исключением царапин и вмятин глубиной не более 0,4 мм от ключа на плоскостях гайки датчика, наличие следов поверки твердости, потемнения (некоррозионного характера) наружной поверхности датчика, волнообразный, чешуйчатый характер сварных швов;

- маркировка датчика должна соответствовать данным, указанным в формуляре на датчик;

- при периодической поверке датчик должен иметь формуляр.

### 6.2 Определение начального выходного сигнала, номинального выходного сигнала

6.2.1 Начальный выходной сигнал датчика определить согласно схеме соединений в соответствии с рисунком А1.

6.2.2 Подать напряжение питания ( $6 \pm 0,12$ ) В и выдержать преобразователь давления при включенном напряжении питания не менее 3 мин.

6.2.3 Подать в приемную полость преобразователя давления давление, равное нижнему пределу диапазона измерения и зафиксировать начальный выходной сигнал  $U_{oi}$  ;

6.2.4 Подать в приемную полость преобразователя давления давление, равное верхнему пределу диапазона измерения и зафиксировать выходной сигнал  $U_{ki}$  .

6.2.5 Провести операции по пп.6.2.3, 6.2.4) пять раз.

6.2.6 Определить среднее значение начального выходного сигнала по формуле и записать в таблицу, выполненную по форме таблицы Б1.

$$U_0 = \frac{1}{5} \sum_{i=1}^5 U_{0i},$$

где  $U_0$  - среднее значение начального выходного сигнала, мВ;

6.2.7 Определить среднее значение номинального выходного сигнала по формуле и записать в таблицу, выполненную по форме таблицы Б1.

$$U_{\text{ном}} = \frac{1}{5} \sum_{i=1}^5 (U_{\text{к}i} - U_{0i}),$$

где  $U_{\text{ном}}$  - среднее значение номинального выходного сигнала, мВ.

Среднее значение номинального выходного сигнала должно быть в пределах от 8,4 до 9,6 мВ.

6.2.6 Значение начального выходного сигнала занести  $U_0$  в таблицу, выполненную по форме таблицы Б1.

6.2.7 Результаты считать положительными, если начальный выходной сигнал соответствует требованию п.6.2.5.

### 6.3 Определение предела допускаемой основной приведенной погрешности

6.3.1 Собрать схему согласно рисунку А1.

6.3.2 Подать на датчик напряжение питания  $U_{\text{пит}} = (6 \pm 0,12)$  В.

6.3.3 Подать в приемную полость максимальное допустимое давление, равное 2 кгс/см<sup>2</sup>.

После выдержки в течение 3 мин указанное давление снять.

6.3.4 Подать в приемную полость преобразователя давления последовательно значения давлений  $P_i$ , равные сумме нижнего предела измерений и числовых значений последовательно (0; 0,1; ... 0,9; 1,0)  $P_{\text{ном}}$  - для прямого хода и (1,0; 0,9; ... 0,1; 0)  $P_{\text{ном}}$  - для обратного хода.

$$P_i = P_{\text{н}} + n_i \cdot P_{\text{ном}},$$

где  $n_i$  - последовательные числовые значения 0; 0,1; 0,2 ... 0,9; 1,0,

соответствующие точкам градуирования,  $i$ ;

$i$  - точки градуирования 0; 1; 2 ... 10;

$P_{\text{ном}}$  - разность между верхним и нижним пределами измерений.

$P_{\text{ном}} = P_{\text{в}} - P_{\text{н}}$ . Верхний  $P_{\text{в}}$  и нижний  $P_{\text{н}}$  пределы измерений берутся в соответствии с таблицей 6.3;

6.3.5 Измерить выходной сигнал  $U_i$  в каждой градуировочной точке с точностью до 0,01 мВ;

6.3.6 Повторить испытания по пп. 6.3.5, 6.3.6 пять раз ( $i = 1, 2 \dots 5$ ).

Результаты испытаний занести в таблицу, выполненную по форме таблицы Б2.

6.3.7 После окончания пяти циклов градуирования провести следующие расчеты:

- вычислить среднее значение выходного сигнала по формулам:

для прямого хода

$$\bar{U}_i = \frac{1}{5} \sum_{\ell=1}^5 U_{\ell i},$$

для обратного хода

$$\bar{U}'_i = \frac{1}{5} \sum_{\ell=1}^5 U'_{\ell i},$$

где  $U_{\ell i}$ ,  $U'_{\ell i}$  - значения выходного сигнала в  $i$ -й точке диапазона измерений

для прямого и обратного хода, мВ;

$\ell$  - номер цикла градуирования ( $\ell = 1, 2, 3, 4, 5$ );

- вычислить среднее значение выходного сигнала прямого и обратного хода градуирования по формуле

$$U_{\text{ср}i} = \frac{1}{2}(\bar{U}_i + \bar{U}'_i)$$

- определить нормированное значение коэффициента преобразования для прямого хода градуирования по формуле

$$K_r = \frac{2 \sum_{i=0}^{10} \bar{U}_i n_i - \sum_{i=0}^{10} \bar{U}_i}{2,2 \cdot P_{\text{НОМ}}}$$

- определить нормированное значение начального сигнала для прямого хода градуирования по формуле

$$b_r = \frac{0,7 \sum_{i=0}^{10} \bar{U}_i - \sum_{i=0}^{10} \bar{U}_i n_i}{2,2}$$

- определить нормированное значение коэффициента преобразования для обратного хода по формуле

$$K'_r = \frac{2 \sum_{i=0}^{10} \bar{U}'_i n_i - \sum_{i=0}^{10} \bar{U}'_i}{2,2 \cdot P_{\text{НОМ}}}$$

- определить нормированное значение начального выходного сигнала для обратного хода градуирования по формуле

$$b'_r = \frac{0,7 \sum_{i=0}^{10} \bar{U}'_i - \sum_{i=0}^{10} \bar{U}'_i n_i}{2,2}$$

- определить значение дисперсии выходного сигнала, обусловленное гистерезисом градуировочной характеристики по формуле

$$D_r = \frac{\sum_{i=0}^{10} [(K_r - K'_r) \cdot P_{\text{НОМ}} \cdot n_i + (b_r - b'_r)]^2}{132}$$

- определить приведенное значение дисперсии выходного сигнала от гистерезиса статической характеристики преобразования по формуле

$$\gamma_r^2 = \frac{D_r}{U_{\text{НОМ}}^2}$$

- определить нормированное значение начального сигнала для прямого хода  $\ell$ -го градуировочного цикла по формуле

$$b_{r\ell} = \frac{0,7 \sum_{i=0}^{10} U_{\ell i} - \sum_{i=0}^{10} U_{\ell i} n_i}{2,2}$$

- аддитивную составляющую лабораторной дисперсии определить по формуле

$$D_{\text{ОЛ}} = \sum_{\ell=1}^5 \frac{(b_{r\ell} - M_{b_r})^2}{4},$$

где  $M_{\text{вг}} = \frac{\sum_{\ell=1}^5 b_{\text{г}\ell}}{5}$  - математическое ожидание начального выходного сигнала;

- определить приведенное значение аддитивной составляющей лабораторной дисперсии по формуле

$$\gamma_{\text{ол}}^2 = \frac{D_{\text{ол}}}{U_{\text{ном}}^2}$$

- определить нормированное значение коэффициента преобразования для прямого хода  $\ell$ -го градуировочного цикла по формуле

$$K_{\text{г}\ell} = \frac{2 \sum_{i=0}^{10} U_{\ell i} \cdot n_i - \sum_{i=0}^{10} U_{\ell i}}{2,2 \cdot P_{\text{ном}}}$$

- определить относительную мультипликативную составляющую лабораторной дисперсии по формуле

$$\gamma_{\text{кл}}^2 = \frac{\sum_{\ell=1}^5 (K_{\text{к}\ell} - M_{\text{кг}})^2}{4(M_{\text{кг}})^2},$$

где  $M_{\text{кг}} = \frac{1}{5} \sum_{\ell=1}^5 K_{\text{г}\ell}$  - математическое ожидание коэффициента преобразования, полученное на основе градуировочных данных;

- определить дисперсию выходного сигнала, обусловленную средствами градуировки, на основе предельной погрешности  $\gamma_{\text{пред.}\rho}$ , заданной в технической документации на  $\rho$ -ое средство градуировки по формуле

$$\gamma_{\text{г}\rho}^2 = \frac{\gamma_{\text{пред.}\rho}^2}{9}$$

- общую дисперсию выходного сигнала, обусловленную средствами градуировки, определить по формуле

$$\gamma_{\text{сг}}^2 = \sum_{\rho=1}^{N_{\text{с}}} \gamma_{\text{г}\rho}^2,$$

где  $N_{\text{с}}$  - число градуировочных средств;

- основную приведенную погрешность определить по формуле

$$\gamma = 3 \sqrt{\gamma_{\text{г}}^2 + \gamma_{\text{ол}}^2 + \gamma_{\text{кл}}^2 + \gamma_{\text{сг}}^2} \cdot 100,$$

где  $\gamma$  - основная приведенная погрешность, %.

6.3.8 Основная приведенная погрешность ( $\gamma$ ) преобразователей должна находиться в пределах  $\pm 0,8$  %.

#### 6.4 Определение предела допускаемой дополнительной приведенной погрешности от изменения температуры

6.4.1 Собрать схему, изображенную на рисунке А2.

6.4.2 Подать на датчик напряжение питания  $U_{\text{пит}} = (6 \pm 0,12)$  В.

6.4.3 Поместить преобразователь давления в термощкаф с температурой минус  $(50 \pm 3)$  °С и выдержать при указанной температуре не менее 40 мин;

6.4.4 подать в приемную полость преобразователя давления последовательно значения давлений  $P_i$ , равные сумме нижнего предела измерений и числовых значений последовательно (0; 0,1 ... 0,9; 1,0)  $P_{ном}$  - прямой ход;

6.4.5 Измерить выходной сигнал  $U_{tj}$  в каждой градуировочной точке с точностью до 0,01 мВ;

6.4.6 Провести аналогично пп.4.13 в), 4.13 г), 4.13 д) градуировку прямого хода при каждом из фиксированных значений температуры  $X_{tj}$  (минус 21; 8; 37; 65)  $\pm 3$  °С;

Результаты испытаний занести в таблицу по форме таблицы Б.2.

6.4.7 Определить нормированное значение начального сигнала преобразователя давления при  $X_{tj}$  значении температуры по формуле

$$b_{rtj} = \frac{0,7 \sum_{i=0}^{10} U_{tji} - \sum_{i=0}^{10} U_{tji} n_i}{2,2},$$

где  $U_{tji}$  - значение выходного сигнала при  $i$ -ом значении входного сигнала и  $j$ -ом значении температуры  $X_{tj}$ ;

6.4.8 Определить аддитивную чувствительность преобразователя давления к температуре на интервале ( $X_{tj} - X_{t0}$ ) по формуле

$$S_{otj} = \frac{b_{rtj} - b_{rt0}}{X_{tj} - X_{t0}},$$

где  $b_{rtj}$  - нормированное значение начального сигнала преобразователя давления при  $j$ -м значении температуры  $X_{tj}$ ;

$b_{t0}$  - нормированное значение начального сигнала преобразователя давления при температуре  $X_{t0} = \text{минус } 50$  °С;

6.4.9 Определить среднюю аддитивную, среднюю приведенную аддитивную чувствительности преобразователя давления к температуре по формулам соответственно

$$\bar{S}_{ot} = \frac{\sum_{j=1}^4 S_{otj}}{4},$$

$$S_{ot} = \frac{\bar{S}_{ot}}{U_{ном}}$$

где  $\bar{S}_{ot}$  - средняя аддитивная чувствительность, мВ/°С;

$S_{ot}$  - средняя приведенная аддитивная чувствительность, 1/°С;

$U_{ном}$  - среднее значение номинального выходного сигнала, мВ.

6.4.10 Определить нормированное значение коэффициента преобразования преобразователя давления для каждого фиксированного значения температуры по формуле

$$K_{rtj} = \frac{2 \sum_{i=0}^{10} U_{tji} n_i - \sum_{i=0}^{10} U_{tji}}{2,2 \cdot P_{ном}}$$



6.4.11 Определить среднюю мультипликативную и среднюю приведенную мультипликативную чувствительность преобразователя давления к температуре по формулам соответственно

$$\bar{S}_{kt} = \frac{1}{4} \sum_{j=1}^4 \frac{K_{rtj} - K_{rt0}}{X_{tj} - X_{t0}},$$

$$S_{kt} = \frac{\bar{S}_{kt}}{K_{rt0}},$$

где  $\bar{S}_{kt}$  - средняя мультипликативная чувствительность, мВ/Па·°С;

$S_{kt}$  - средняя приведенная мультипликативная чувствительность, 1/°С;

$K_{rtj}$  - значение коэффициента преобразования преобразователя давления при j-ом значении температуры  $X_{tj}$ ;

$K_{rt0}$  - значение коэффициента преобразования преобразователя давления при температуре  $X_{t0} = \text{минус } 50 \text{ } ^\circ\text{С}$ ;

6.4.12 Определить приведенное значение аддитивной составляющей дисперсии выходного сигнала от воздействия температуры по формуле

$$\gamma_{ot}^2 = S_{ot}^2 \cdot D_t,$$

где  $D_t$  - дисперсия температуры определяется по формуле

$$D_t = \frac{(X_{tв} - X_{tн})^2}{12},$$

где  $X_{tв}$ ,  $X_{tн}$  - верхняя и нижняя граница диапазона температур соответственно.

При изменении температуры на 10 °С  $(X_{tв} - X_{tн}) = 10 \text{ } ^\circ\text{С}$ ;

6.4.13 Определить относительную мультипликативную составляющую дисперсии выходного сигнала от воздействия температуры по формуле

$$\gamma_{kt}^2 = S_{kt}^2 \cdot D_t$$

6.4.14 Определить приведенное значение составляющей дисперсии выходного сигнала, обусловленное взаимной корреляцией аддитивной и мультипликативной составляющих дисперсии от воздействия температуры по формуле

$$\gamma_{окт}^2 = 2 \cdot S_{ot} \cdot S_{kt} \cdot D_t$$

6.4.15 Определить дополнительную приведенную погрешность от изменения температуры на 10 °С по формуле

$$\gamma_t = \sqrt{\gamma_{ot}^2 + \gamma_{kt}^2 + \gamma_{окт}^2} \cdot 100,$$

где  $\gamma_t$  - дополнительная приведенная погрешность от изменения температуры, %/10 °С.

Числовое значение дополнительной приведенной погрешности  $\gamma_t$  записать в таблицу БЗ.

Числовое значение дополнительной приведенной погрешности от изменения температуры должно быть в пределах  $\pm 0,5\%/10^\circ\text{С}$ .

## 7 Оформление результатов поверки

7.1 Результаты поверки оформить в соответствии с Приказом Министерства промышленности и торговли РФ от 2 июля 2015 г. № 1815 «Об утверждении Порядка проведения поверки средств измерений, требования к знаку поверки и содержанию свидетельства о поверке».

Приложение А

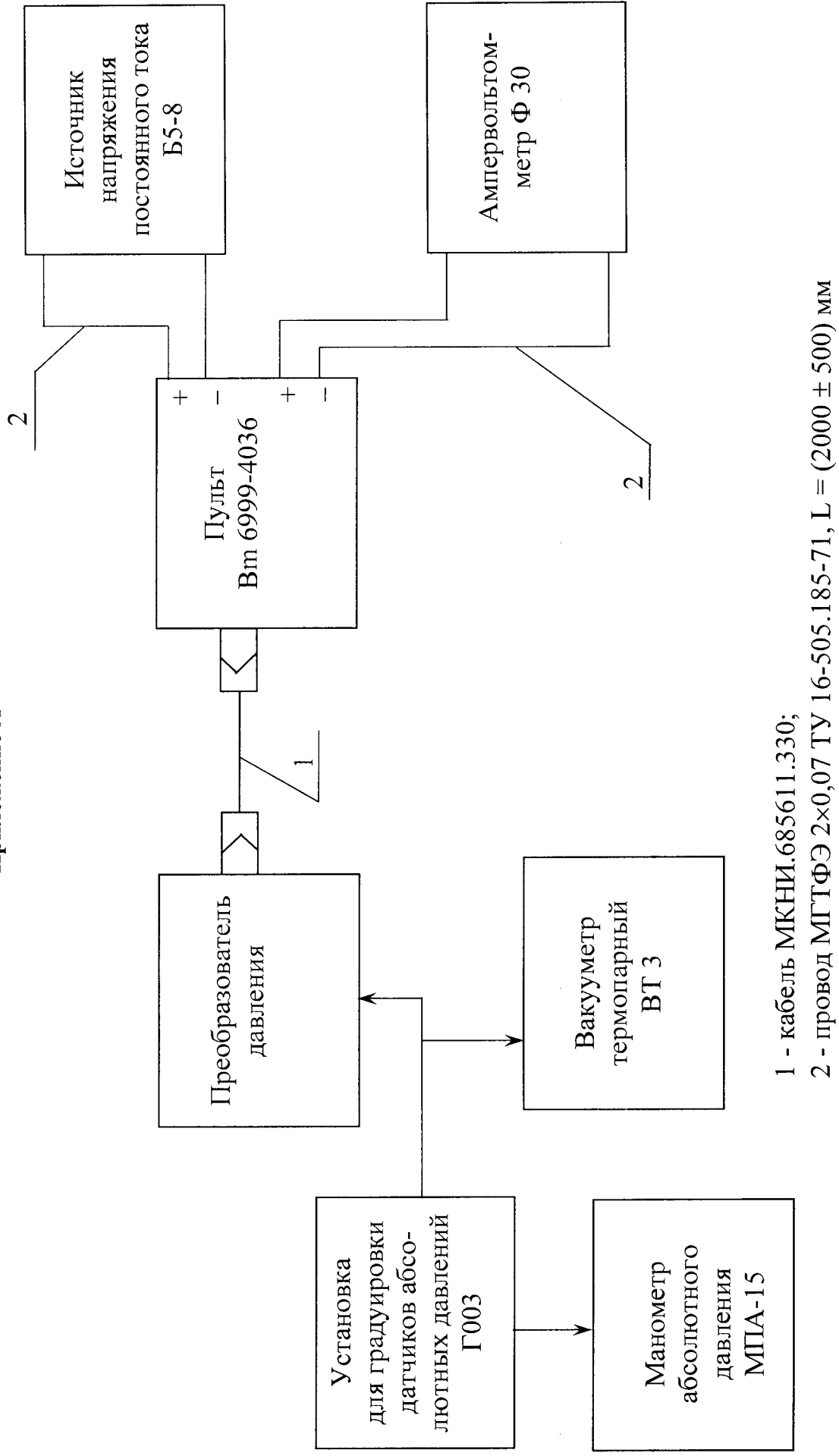


Рисунок А1 – Структурная схема градуировки преобразователя давления Вm 227

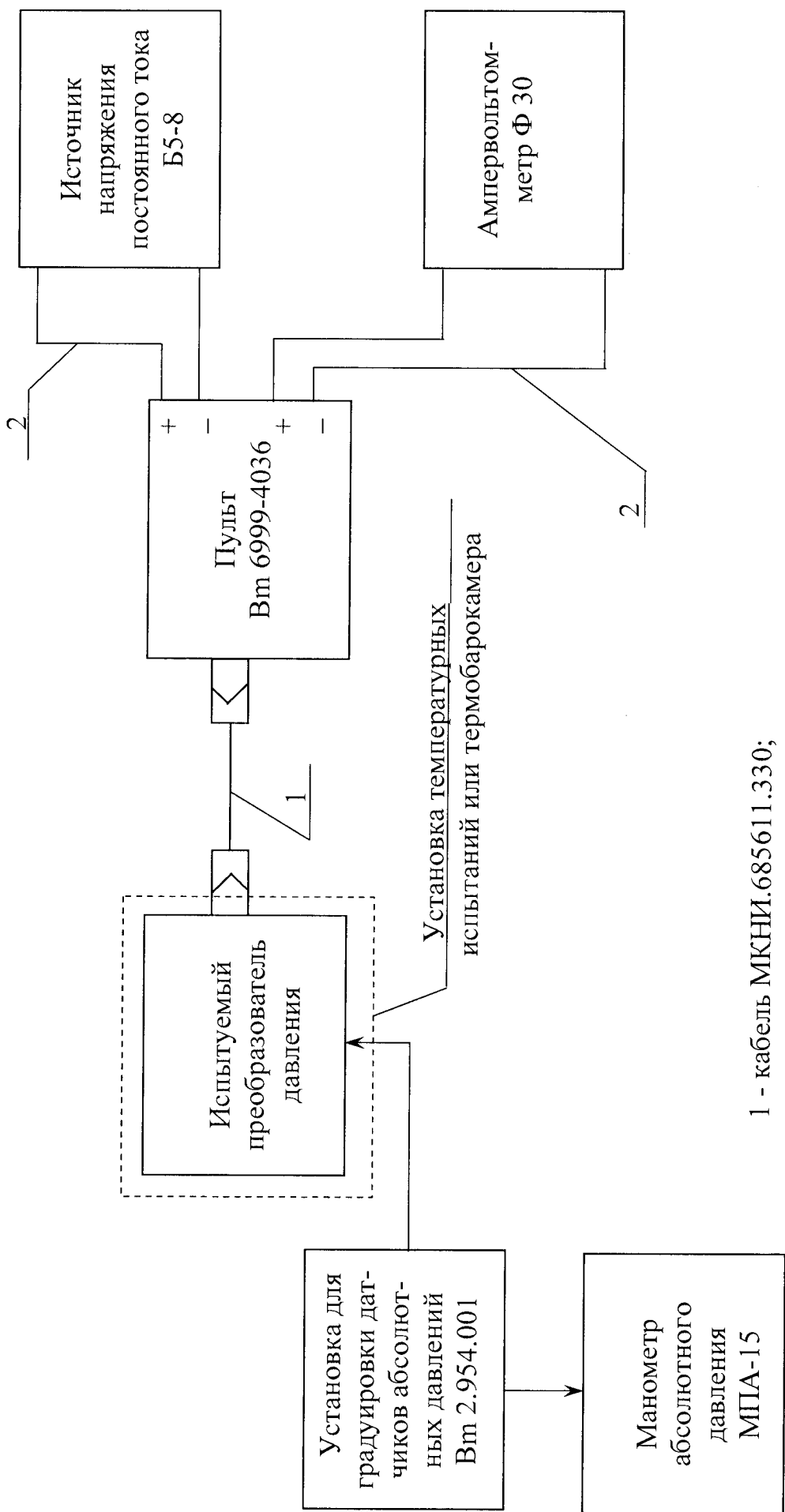


Рисунок А2 – Структурная схема определения температурной погрешности

## Приложение Б

Таблица Б1 – Результаты определения начального выходного сигнала и номинального выходного сигнала

Контролируемый параметр	Норма по ТУ	Фактическое значение	
		Заводской номер	
Начальный выходной сигнал $U_0$ , мВ/В	от 0,42 до 0,48		
Номинальный выходной сигнал $U_{ном}$ , мВ/В	от 8,4 до 9,6		

Таблица Б2 – Таблица для регистрации результатов испытаний для определения допускаемой основной приведенной погрешности Датчик №

Точки градуирования, $i$	Входной сигнал, $P_i$ , мм рт.ст.	Выходной сигнал, $U_{i\ell}^M$ и $U_{i\ell}^B$ , мВ																		
		1 цикл		2 цикл		3 цикл		4 цикл		5 цикл										
		$U_{i1}^M$	$U_{i1}^B$	$U_{i2}^M$	$U_{i2}^B$	$U_{i3}^M$	$U_{i3}^B$	$U_{i4}^M$	$U_{i4}^B$	$U_{i5}^M$	$U_{i5}^B$									
0	$P_H$																			
1	$P_H + 0,1 P_{ном}$																			
2	$P_H + 0,2 P_{ном}$																			
3	$P_H + 0,3 P_{ном}$																			
4	$P_H + 0,4 P_{ном}$																			
5	$P_H + 0,5 P_{ном}$																			
6	$P_H + 0,6 P_{ном}$																			
7	$P_H + 0,7 P_{ном}$																			
8	$P_H + 0,8 P_{ном}$																			
9	$P_H + 0,9 P_{ном}$																			
10	$P_H + 1,0 P_{ном}$																			

Таблица Б3-- Таблица для регистрации результатов испытаний для определения допускаемой дополнительной приведенной погрешности от изменения температуры  
Датчик №

Точки градуирования, $i$	Входной сигнал, $P_i$ , мм рт.ст.	Выходной сигнал, $U_{ti}$ , мВ				
		при $t_1 = \text{минус } 50^\circ\text{C}$	при $t_2 = \text{минус } 21^\circ\text{C}$	при $t_3 = +8^\circ\text{C}$	при $t_4 = +37^\circ\text{C}$	при $t_5 = +65^\circ\text{C}$
0	$P_H$					
1	$P_H + 0,1 P_{\text{ном}}$					
2	$P_H + 0,2 P_{\text{ном}}$					
3	$P_H + 0,3 P_{\text{ном}}$					
4	$P_H + 0,4 P_{\text{ном}}$					
5	$P_H + 0,5 P_{\text{ном}}$					
6	$P_H + 0,6 P_{\text{ном}}$					
7	$P_H + 0,7 P_{\text{ном}}$					
8	$P_H + 0,8 P_{\text{ном}}$					
9	$P_H + 0,9 P_{\text{ном}}$					
10	$P_H + 1,0 P_{\text{ном}}$					