

**АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО  
«Проектно-изыскательский и научно-исследовательский Институт  
«Гидропроект» имени С.Я. Жука»**



**Преобразователи линейных деформаций  
измерительные струнные модифицированные  
ПЛДС-М**



**Руководство по эксплуатации**

**2.782.000 РЭ**

Москва 2020

**Содержание**

	стр.
1. Назначение .....	3
2. Технические характеристики .....	4
3. Комплект поставки.....	6
4. Устройство и работа .....	7
5. Указание мер безопасности.....	10
6. Указания по монтажу .....	10
7. Порядок получения результата измерения.....	14
8. Методика поверки.....	16
9. Транспортирование и хранение .....	24
10. Гарантии изготовителя .....	25
11. Сведения о рекламациях.....	26
12. Сведения о сертификации.....	26
13. Сведения о приемке.....	26
ПРИЛОЖЕНИЕ 1. Форма протокола поверки.....	27
ПРИЛОЖЕНИЕ 2. Схема приспособления ПР-1 для поверки преобразователя.....	29
ПРИЛОЖЕНИЕ 3. Схема измерения амплитуды СИП	30
ПРИЛОЖЕНИЕ 4. Методика определения пределов допускаемых при поверке значений периодов выходного сигнала преобразователей.....	31

**Методика определения пределов допускаемых при поверке значений периодов выходного сигнала преобразователей**

Верхний  $X_v$  и нижний  $X_n$  пределы допускаемых при поверке значений периодов выходного сигнала преобразователей деформаций равны:

$$X_{v,n} = X \pm \Delta X;$$

где:  $X$  - значение периода выходного сигнала преобразователя по его градуировочной характеристике в поверяемой точке, мкс;

$\Delta X$  - пределы допускаемых отклонений периода выходного сигнала в поверяемой точке, мкс.

Значение  $\Delta X$  вычисляют по приближенной формуле:

$$\Delta X = \frac{\gamma \cdot D}{Y'};$$

где:  $\gamma$  - пределы допускаемой погрешности измерений деформаций, приведенной к диапазону измерений  $D$ ,  $\gamma = \pm 0,02$ ;

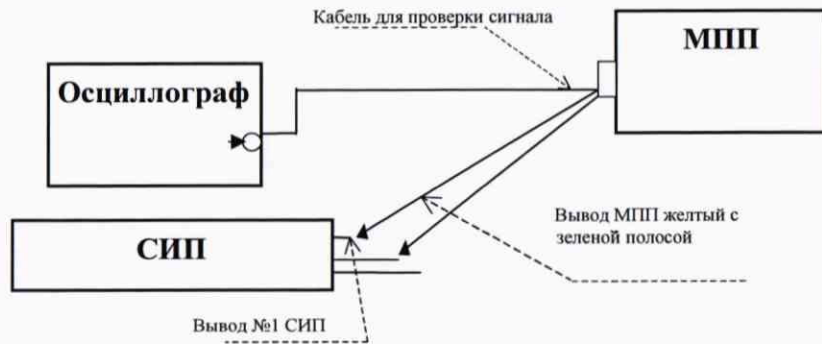
$Y'$  - значение первой производной от градуировочной характеристики по информативному параметру выходного сигнала в поверяемой точке диапазона измерения;

$$Y' = \frac{2A}{X^3} + \frac{B}{X^2},$$

где:  $A$  и  $B$  - коэффициенты градуировочной характеристики преобразователя деформаций,  $\text{млн}^{-1} \times \text{мкс}^2$ ;  $\text{млн}^{-1} \times \text{мкс}$ .

Значения  $X_v$ ,  $X_n$ , вычисляют по градуировочной характеристике перед проведением поверки и вносят в соответствующие графы таблицы 1 "Результаты поверки преобразователя деформаций" (см. ПРИЛОЖЕНИЕ 1).

Схема измерения амплитуды СИП



Развертка осциллографа ждущая, регулировка уровня синхронизации – по импульсу возбуждения.

Контроль амплитуды сигнала производится по узкой метке с большей амплитудой, идущей вместе с сигналом. Метка синхронизирована с 200-ым колебанием напряжения. Коэффициент усиления на выходе МПП для контроля амплитуды от 15 до 30. Методы контроля и частотная характеристика используемая МПП приведена в руководстве по эксплуатации и в паспорте на МПП.

Настоящее руководство по эксплуатации (РЭ) предназначено для ознакомления с техническими характеристиками и конструкцией преобразователей линейных деформаций измерительных струнных модифицированных типа ПЛДС-М и регламентации правил их эксплуатации.

Необходимый уровень подготовки эксплуатационного персонала для работы с ПЛДС-М указан в разделе 5.

### 1. Назначение

1.1. Преобразователи линейных деформаций измерительные струнные модифицированные ПЛДС-М (далее - преобразователи) в комплексе с периодомером – мультиметром портативным МПП(4250-001-00113543-2009 ТУ), предназначены для измерения деформаций железобетонных и металлических конструкций энергетических сооружений, а также температуры окружающей среды в месте установки преобразователя при контрольных наблюдениях и натурных исследованиях напряженно-деформированного состояния сооружений.

1.2. Область применения - системы мониторинга безопасности объектов при их строительстве и эксплуатации.

1.3. Информативным параметром выходного сигнала является период (частота) гармонических затухающих электрических колебаний.

1.4. Вид климатического исполнения В1 – всеклиматическое исполнение, но для эксплуатации в рабочем диапазоне температур окружающей среды в пределах от минус 30°С до +90°С.

1.5. Преобразователи выпускают в виде 3 модификаций, отличающихся диапазоном измерений деформаций. Обозначение модификации следует за обозначением типа преобразователя и (после тире) указывает значение базы преобразователя (расстояния между его анкерами) в мм и одной из трех букв С, Р, М (а после букв С и Р также знак \* или (после буквы М) вид климатического исполнения (после тире)

В1), соответственно означающих:

- С – модификацию, предназначенную для установки внутри железобетонной конструкции в зоне, где наблюдаются преимущественно сжимающие деформации;

- Р – модификацию, предназначенную для установки внутри железобетонной конструкции в зоне, где наблюдаются преимущественно растягивающие деформации;

- М – модификацию, предназначенную для установки на наружных поверхностях металлоконструкций.

Пример условного обозначения модификации преобразователя с базой, равной 400 мм, и предназначенной для установки внутри железобетонной конструкции в зоне, где наблюдаются преимущественно сжимающие деформации при его заказе и в документации другой продукции: "Преобразователь ПЛДС-М-400С\*", 4218-004-00113543-09 ТУ".

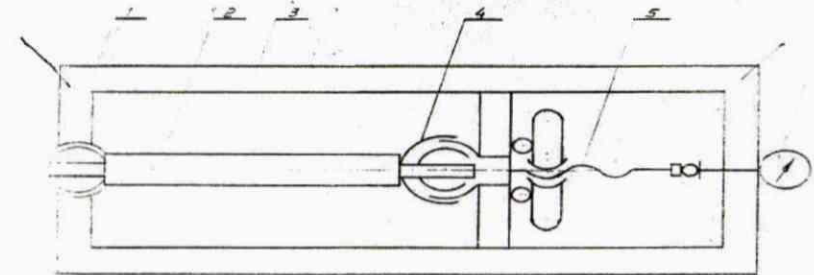
## 2. Технические характеристики

2.1. Основные метрологические и технические характеристики модификаций преобразователей приведены в таблицах 1 и 2.

**Таблица 1 – Диапазон измерений деформаций, габаритные размеры и масса модификаций преобразователей**

Обозначение модификации	Диапазон измерений, $\text{млн}^{-1}$	Габаритные размеры, мм			Масса, кг, не более
		Диаметр анкера, не более	Длина (без кабеля), не более	Длина выходного кабеля, не менее	
ПЛДС-М-400С*	- 2000...+500	65	530	500	2,5
ПЛДС-М-400Р*	- 500...+2000	65	530	500	2,5
ПЛДС-М-150М-В1	- 750...+750	30	235	500	1,0

**Схема приспособления ПР-1 для проверки преобразователя**



Обозначения:

1. Зажим неподвижный;
2. Преобразователь;
3. Рама;
4. Зажим подвижный;
5. Винт микрометрический;
6. Индикатор многооборотный типа МИГ

Таблица 2 - Результаты поверки преобразователя температур

	Точки диапазона измерений температур T, °C					
	-30	0	+30	+60	+90	+20
<b>R</b>	×	×	×	×	×	×
<b>R<sub>в</sub></b>	×	×	×	×	×	×
<b>R<sub>н</sub></b>	×	×	×	×	×	×
<b>R пов</b>						

Дата поверки .....

Условия поверки: Температура воздуха в помещении T = ...°C;  
 Атмосферное давление P = ...кПа.

У – задаваемая деформация, млн<sup>-1</sup>;

Х - значение периода выходного сигнала по градуировочной характеристике преобразователя деформаций, соответствующее задаваемой деформации, мкс;

Х<sub>в</sub> и Х<sub>н</sub> - верхний и нижний пределы допускаемых значений периода выходного сигнала, мкс;

Х<sub>м</sub> и Х<sub>б</sub> - значения периодов выходного сигнала при подходах к поверяемой точке со стороны меньших и больших значений, полученные в результате поверки, мкс;

R – значение электрического сопротивления по градуировочной характеристике преобразователя температур, соответствующее задаваемой температуре, Ом;

R<sub>в</sub> и R<sub>н</sub> - верхний и нижний пределы допускаемых значений электрического сопротивления, Ом;

R<sub>пов</sub> - значение электрического сопротивления, полученное при воспроизведении в ходе поверки соответствующей температуры, Ом;

х - ячейки таблиц 1 и 2, которые должны быть заполнены до начала поверки.

|Х<sub>м</sub>-Х<sub>б</sub>| – вариация показаний струнного преобразователя, мкс

Поверитель \_\_\_\_\_

Место клейма \_\_\_\_\_

Таблица 2 – Основные технические характеристики преобразователей (для всех модификаций)

№№ п/п, характеристики и единицы измерения	Значение
1. Градуировочная характеристика преобразователя деформаций	Индивидуальная, в виде формулы (2) п.4
2. Пределы допускаемой погрешности измерений деформаций, приведенной к диапазону измерений, %	± 2
3. Предел допускаемой вариации показаний преобразователя деформаций, приведенной к диапазону измерений, %	2
4. Рабочий диапазон периодов выходного сигнала преобразователя деформаций, мкс	450 ... 1250
5. Амплитуда напряжения гармонических затухающих электрических колебаний в 200 – ый период колебаний напряжения после окончания воздействия импульса возбуждения, мВ, не менее	4
6. Градуировочная характеристика преобразователя температуры	Индивидуальная, в виде формулы (3) п. 4
7. Пределы допускаемой погрешности измерений температуры, приведенной к диапазону измерений, %	± 4
8. Рабочий диапазон температур преобразователя, °C	-30 ... +90
9. Функция влияния температуры	Индивидуальная, в виде формулы (4) п. 4
10. Исполнение преобразователя по отношению к окружающей среде	Теплостойкое (до 90°С)
11. Исполнение преобразователей по отношению к механическим воздействиям	Сейсмостойкое (категории II)
12. Длина выходного кабеля, м, не менее	0,5
13. Средняя наработка до отказа, лет	17
14. Сопротивление изоляции электрических цепей относительно корпуса при испытательном напряжении 500 В постоянного тока, МОм, не менее	0,5

**3. Комплект поставки**

В комплект поставки входят преобразователь и документы, перечисленные в таблице 3.

**Таблица 3 – Комплект поставки**

Наименование	Обозначение, ТУ	Количество	Примечание
1	2	3	4
1. Преобразователь линейных деформаций измерительный струнный модифицированный	ПЛДС-М-400С* ПЛДС-М-400Р* ПЛДС-М-150М-В1	1	Модификация – в соответствии с заказом
2. Шаблон	ПЛДС-150М-00.004	1	Для ПЛДС-М-150М-В1
3. Паспорт, включающий свидетельство о приемке	2.782.000 ПС	1	Дополнительно указываются градуировочные характеристики преобразователей и функция влияния температуры преобразователя деформации
4. Свидетельство о поверке, включающее протокол поверки		1	
5. Руководство по эксплуатации	2.782.000 РЭ	1	Допускается вкладывать одно РЭ на 10 преобразователей при поставке в один адрес

**Форма протокола поверки**

Приложение к свидетельству о поверке №.....

**Протокол поверки преобразователя линейных деформаций измерительного струнного модифицированного**

Тип ПЛДС-М-.....\* зав. №...,  
изготовленный АО ..... 20...г.  
Градуировочная характеристика преобразователя деформаций.....  
Градуировочная характеристика преобразователя температур .....

**Нормированные метрологические характеристики:**

Диапазон измерений деформаций, млн<sup>-1</sup>.....  
Диапазон измерений температур, °С .....от – 30 до + 90  
Пределы допускаемой погрешности преобразователя, приведенной к диапазону измерений:  
- для преобразователя деформаций, %.....± 2  
- для преобразователя температур, %..... ± 4  
Предел допускаемой вариации показаний преобразователя деформаций, приведенной к диапазону измерений, %.....2

**Таблица 1 - Результаты поверки преобразователя деформаций**

	Точки диапазона измерений деформаций (в долях диапазона измерений)					
	0.00	0.25	0.50	0.75	1.00	штифт
У	×	×	×	×	×	0
Х	×	×	×	×	×	×
Х <sub>В</sub>	×	×	×	×	×	×
Х <sub>П</sub>	×	×	×	×	×	×
Х <sub>М</sub>						-
Х <sub>Б</sub>						-
Х <sub>М</sub> -Х <sub>Б</sub>						
0,5*(Х <sub>В</sub> -Х <sub>П</sub> )	×	×	×	×	×	×

2) после установки в сооружение - выход значения периода выходного сигнала за рабочий диапазон (п. 4 таблицы 2) и отсутствие выходного сигнала на дисплее периодомера (за счет уменьшения амплитуды напряжения выходного сигнала ниже уровня чувствительности периодомера, т.е. несоответствия п. 5 таблицы 2).

## 11. Сведения о рекламациях

11.1. Предприятие-изготовитель просит потребителя выслать в его адрес все предложения по конструкции и работе преобразователей.

11.2. В случае отказа в работе преобразователей в период гарантийного срока необходимо составить технически обоснованный акт, оформленный в установленном порядке, и направить его в адрес предприятия - изготовителя.

## 12. Сведения о сертификации

Преобразователь линейных деформаций измерительный струнный модифицированный ПЛДС-М сертифицирован. (Свидетельство об утверждении типа средств измерений № 38285 от 10.12. 2019 г.).

Преобразователь зарегистрирован в Государственном реестре средств измерений под № 43002-09 и допущен к применению в Российской Федерации.

## 13. Сведения о приемке

Каждый преобразователь комплектуют свидетельством о приемке, в котором наряду с наименованием, обозначением и заводским номером указывают его индивидуальные градуировочные характеристики преобразователя деформаций и термометра сопротивления и функцию влияния температуры для преобразователя деформаций.

## 4. Устройство и работа

4.1. Конструкция преобразователя деформаций представлена на рис.1.

Между анкерами 1 и 2 жестко закреплен струнный резонатор 3. Резонатор приводится в колебательное движение с помощью электромагнитного устройства 4, импульс возбуждения на которое поступает от специализированного периодомера через кабельный ввод 8.

Электромагнитное устройство преобразователя является обратимым и используется как для возбуждения резонатора, так и для генерации в нем гармонических затухающих колебаний э.д.с. (сигналы запроса и ответа передаются по одной и той же линии).

Период (частота) затухающих колебаний электродвижущей силы, генерируемой в электромагнитном устройстве 4 колеблющейся струной, является информативным параметром выходного сигнала преобразователя.

4.2. Измеряемая относительная деформация  $\varepsilon$  по определению равна отношению:

$$\varepsilon = \Delta L / L, \quad (1)$$

где:  $\Delta L$  – абсолютное изменение расстояния между анкерами 1 и 2 по направлению главной оси преобразователя, мм (при удалении анкеров друг от друга деформация имеет знак +, а при их сближении - знак -);

$L$  – начальное расстояние между анкерами 1 и 2 (база преобразователя), мм.

Из формулы (1) следует, что измерение относительной деформации при постоянной базе  $L$  по существу сводится к измерению изменения расстояния между анкерами преобразователя. Изменение первоначального расстояния между анкерами (которое вызывается деформацией железобетонной или металлической строительной конструкции по оси преобразователя) передается на струнный резонатор 3, вызывая его дополнительное растяжение или сжатие (по сравнению с начальной заданной при изготовлении преобразователя деформацией растяжения).

Это обуславливает изменение периода собственных колебаний струнного резонатора 3, который измеряют специализированным периодомером. По значению измеряемого периода судят о величине измеряемого перемещения.

### Конструктивная схема преобразователя

(на примере ПЛДС-М -150М-В1)

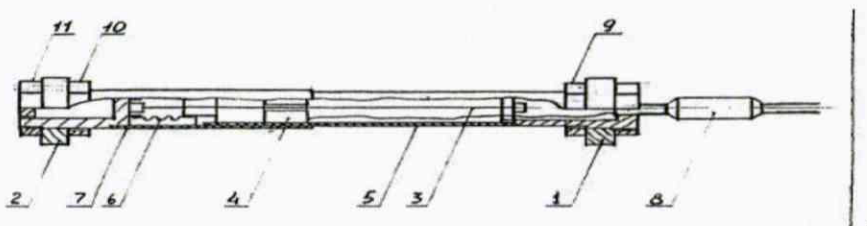


Рис. 1

Обозначения:

- |                                      |                          |
|--------------------------------------|--------------------------|
| 1. Анкер                             | 7. Патрубок              |
| 2. Анкер                             | 8. Кабельный ввод        |
| 3. Струнный резонатор                | 9. Гайка упорная         |
| 4. Электромагнитное устройство       | 10. Гайка регулировочная |
| 5. Внутренняя телескопическая трубка | 11. Гайка регулировочная |
| 6. Сильфон                           |                          |

4.3. Зависимость между измеряемой деформацией и периодом выходного сигнала для каждого преобразователя - индивидуальная и определяется характеристикой вида:

$$\varepsilon = A/X^2 + B/X + C, \quad (2)$$

где:  $\varepsilon$  - значение измеряемой деформации, млн<sup>-1</sup>;

$X$  - период выходного сигнала, мкс;

$A, B, C$  - постоянные коэффициенты, определяемые по результатам градуировки преобразователя, млн<sup>-1</sup>×мкс<sup>2</sup>, млн<sup>-1</sup>×мкс, млн<sup>-1</sup>.

4.4. Катушка электромагнитного устройства преобразователя дополнительно выполняет функцию термометра сопротивления, использующего эффект изменения электрического сопротивления

правилам, действующим в соответствующих транспортных министерствах.

9.3. Расстановка и крепление транспортных единиц в контейнере должны обеспечить устойчивое положение при следовании в пути, отсутствие смещения и ударов друг о друга.

9.4. В помещениях для хранения не должно быть паров кислот, щелочей, газов, вызывающих коррозию.

9.5. При длительном хранении преобразователей необходимо ежегодно проверять качество упаковки. Распаковку следует производить с помощью инструмента, исключающего возможность случайного повреждения преобразователей.

### 10. Гарантии изготовителя

10.1. Изготовитель гарантирует соответствие преобразователей требованиям настоящего РЭ при соблюдении условий эксплуатации, транспортирования и хранения, а также правил контроля и эксплуатации, установленных настоящим РЭ.

10.2. Гарантийный срок эксплуатации 2 года со дня ввода в эксплуатацию. Гарантийный срок хранения - 2 года с момента изготовления преобразователей.

10.3. Предприятие - изготовитель обязуется в течение гарантийного срока безвозмездно производить замену вышедших из строя преобразователей, при условии соблюдения потребителем правил транспортирования, хранения, распаковки, установки и эксплуатации. Преобразователи, вышедшие из строя по вине предприятия - изготовителя в течение гарантийного срока, необходимо направить в его адрес для замены.

10.4. Критериями отказа преобразователя являются:

- 1) до установки в сооружение - несоответствие преобразователя п.п. 4, 5 и 14 таблицы 2;



нижним  $T + |\gamma_T| \times D_T / 100$  % (где  $\pm \gamma_T$  - пределы допускаемой погрешности измерений температуры, приведенной к его диапазону измерений  $D_T$  и верхним  $T - |\gamma_T| \times D_T / 100$  % предельным значениям входной величины (деформации) в каждой поверяемой точке.

8.5.6.3. Нижние  $R_H$  и верхние  $R_B$  пределы допускаемых значений электрического сопротивления определяют по градуировочной характеристике (3), подставляя в нее соответствующие значения температур, приведенных в п. 8.5.6.2.

8.5.6.4. Значения  $R_{пов}$ , измеренные в каждой поверяемой точке, должны находиться в промежутке между соответствующими ей пределами (нижним  $R_H$  и верхним  $R_B$ ) допускаемых значений электрического сопротивления, вычисленными заранее (см. п. 8.5.6.2).

#### 8.6. Оформление результатов поверки

8.6.1. При поверке заполняют протокол поверки по форме, приведенной в приложении 1.

8.6.2. При положительных результатах поверки в руководстве по эксплуатации делается отметка в соответствии с требованиями ПР 50.2.006.

8.6.3. При отрицательных результатах поверки выписывается извещение о непригодности в соответствии с требованиями ПР 50.2.006. Преобразователи, прошедшие поверку с отрицательным результатом к эксплуатации не допускаются.

### 9. Транспортирование и хранение

9.1. Преобразователь должен транспортироваться в транспортной таре с соблюдением мер предосторожности, исключающих резкие толчки, удары, кантование, перемещение волоком.

Категорически запрещается транспортирование преобразователя без транспортной тары.

9.2. Преобразователи должны транспортироваться согласно

постоянному току медного обмоточного провода катушки от температуры окружающей преобразователь среды.

4.5. Зависимость между измеряемой температурой и электрическим сопротивлением обмотки катушки для каждого преобразователя - индивидуальная и определяется характеристикой вида:

$$T = G \times R + H, \quad (3)$$

где:  $T$  - температура окружающей преобразователь среды, °С;

$R$  - электрическое сопротивление постоянному току медного провода обмотки катушки электромагнитной головки преобразователя, Ом;

$G$  и  $H$  - постоянные коэффициенты, определяемые по результатам градуировки конкретного преобразователя, °С / Ом, °С.

4.6. При выпуске у преобразователя, помимо градуировочных характеристик (1) и (2) определяют индивидуальную функцию влияния температуры для преобразователя деформаций в виде линейной зависимости:

$$\Psi(T) = f(R_T) = DR_T + E, \quad (4)$$

где:  $\Psi(T)$  - функция влияния температуры, млн<sup>-1</sup>;

$R_T$  - электрическое сопротивление обмотки катушки постоянному току при температуре  $T$ , Ом;

$D, E$  - постоянные коэффициенты, определяемые экспериментально, млн<sup>-1</sup> / Ом, млн<sup>-1</sup>.

4.7. Сразу после измерения деформации  $\varepsilon$  периодометром измеряют сопротивление  $R_T$ , затем по зависимости (4) определяют значение  $\Psi(T)$ , которое исключают, как поправку, из наблюдаемого значения деформации  $\varepsilon_i$ , а по градуировочной характеристике (3) определяют температуру окружающей преобразователь среды  $T$  (подробнее см. раздел 7).

## 5. Указание мер безопасности

5.1. Конструкция преобразователя по степени защиты человека от поражения электрическим током соответствует классу 0.

5.2. Электрическое сопротивление изоляции между корпусом и электрической цепью преобразователя должно быть не менее 0,5 МОм при испытательном напряжении 500 В постоянного тока.

5.3. К работе с преобразователем допускаются лица, имеющие квалификационную группу по технике безопасности при работе с напряжением до 1000 В не ниже II, изучившие настоящее руководство по эксплуатации, инструкцию по технике безопасности при работе с электрооборудованием на данном объекте, а также прошедшие местный инструктаж по безопасности труда.

5.4. При подсоединении преобразователя к вторичному прибору - специализированному периодомеру необходимо соблюдать требования "Правил техники безопасности при эксплуатации электроустановок потребителей (ПТБ)" и "Правил устройства электроустановок (ПУЭ)".

## 6. Указания по монтажу

6.1. Установка преобразователей на объекте эксплуатации, их месторасположение и ориентация должны соответствовать проекту размещения контрольно-измерительной аппаратуры (КИА).

6.2. При установке преобразователей должны быть проведены следующие работы:

6.2.1. Устанавливают наличие в свидетельстве о приемке преобразователя его градуировочных характеристик (2) и (3) и функции влияния температуры в виде зависимости (4);

6.2.2. Проверяют условия проведения измерений на соответствие требованиям п.1.4. настоящего руководства;

6.2.3. Проверяют наличие свидетельств о поверке средств

каждой из пяти поверяемых точек диапазона измерений вычисляют вариацию показаний  $H_i$  выходного сигнала по формуле:

$$H = |X_M - X_B| \times 100 / D_\varepsilon, \% \quad (12)$$

и вносят вычисленные оценки  $H$  в соответствующую строку таблицы 1 протокола поверки.

8.5.5.2. Вычисленные значения вариации выходного сигнала  $H$  в каждой поверяемой точке не должны превышать 2,0%.

8.5.6. Проверка основной погрешности измерений температуры

8.5.6.1. Проверку погрешности измерений температуры осуществляют в процессе одного цикла последовательного воспроизведения температуры в пяти испытываемых точках, равномерно расположенных в диапазоне измерений температуры, включая нижний и верхний пределы измерений (-30; 0; +30; +60; +90°C). Преобразователь помещают в рабочий объем термокамеры, соединяют его с периодомером МПП, находящимся вне термокамеры, и устанавливают в термокамере при нормальном давлении температуру  $T_1 = -30^\circ\text{C}$ , соответствующую нижнему пределу измерений температуры. При этой температуре преобразователь выдерживают не менее 2 ч, после чего измеряют электрическое сопротивление обмотки катушки электромагнитной головки постоянному току  $R_1$  (Ом) и записывают результат измерения в строку  $R_{\text{пов}}$  (графа «-30») таблицы 2 протокола поверки.

Затем повышают температуру в рабочем объеме термокамеры до  $T_2 = 0^\circ\text{C}$ , выдерживают преобразователь 2 ч, измеряют электрическое сопротивление  $R_2$  и записывают результат измерения в строку  $R$  (графа «0»). Аналогичные действия производят последовательно при температурах в рабочем объеме термокамеры  $T_3 = +30^\circ\text{C}$ ,  $T_4 = +60^\circ\text{C}$ ,  $T_5 = +90^\circ\text{C}$ , измеряя и записывая в строку  $R_{\text{пов}}$  таблицы 2 протокола поверки показания  $R_3$ ,  $R_4$  и  $R_5$ .

8.5.6.2. Нижние  $R_H$  и верхние  $R_B$  пределы допускаемых значений электрического сопротивления, соответствующие при первичной поверке

микрометрического винта приспособления ПР-1 (см. ПРИЛОЖЕНИЕ 2), в которое устанавливают поверяемый преобразователь, и контролируют индикатором многооборотным типа 1 МИГ-0.

8.5.4.3. Последовательно, начиная с поверяемой точки 0.00 (подход со стороны меньших значений), задают на входе преобразователя контролируемые деформации и измеряют периодомером значения периодов выходного сигнала в поверяемых точках. Результаты измерений заносят в строки  $X_M$  (при подходе деформации со стороны меньших значений) и  $X_B$  (при подходе деформации со стороны больших значений) таблицы 1 протокола поверки (см. ПРИЛОЖЕНИЕ 1).

8.5.4.4. Определяют нижние  $X_H$  и верхние  $X_B$  пределы допускаемых значений периода выходного сигнала, соответствующие при первичной поверке нижнему  $\varepsilon + |\gamma_\varepsilon| \times D_\varepsilon / 100$  % (где  $\pm \gamma_\varepsilon$  - пределы допускаемой основной погрешности преобразователя, приведенной к его диапазону измерений  $D_\varepsilon$ ; и верхнему  $\varepsilon - |\gamma_\varepsilon| \times D_\varepsilon / 100$  % предельным значениям входной величины (деформации) в каждой поверяемой точке. Нижние  $X_H$  и верхние  $X_B$  пределы допускаемых значений периодов выходного сигнала определяют по градуировочной характеристике (2) путем подстановки в нее указанных выше значений перемещений.

8.5.4.5. Значения периодов выходного сигнала  $X_M$  и  $X_B$ , измеренные в каждой поверяемой точке, должны находиться в промежутке между соответствующими ей пределами (нижним  $X_H$  и верхним  $X_B$ ) допускаемых значений периода выходного сигнала, вычисленными заранее (см. п.8.5.4.4 и ПРИЛОЖЕНИЕ 4).

8.5.5. Проверка вариации показаний преобразователя деформаций

8.5.5.1. По результатам измерений в п.8.5.4.3. значений  $X_M$  и  $X_B$  для

измерений и регистрации и их подготовку к работе согласно технической документации на них, утвержденной в установленном порядке;

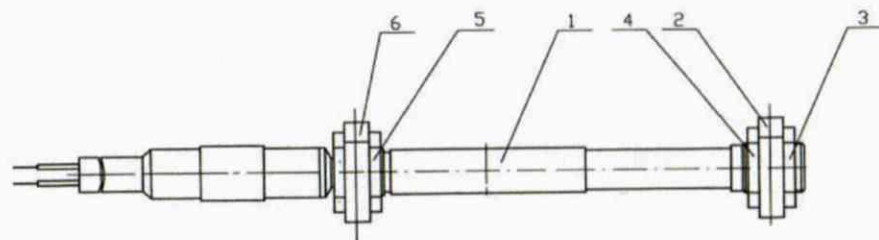
6.2.4. После распаковки и перед установкой должен быть произведен внешний осмотр каждого преобразователя с целью установления отсутствия видимых повреждений, коррозии и т.д.;

6.2.5. У каждого преобразователя должны быть проверены омметром целостность токоведущих частей, мегомметром М 4100/3 или комбинированным прибором - сопротивление электрической изоляции, которое должно быть не менее 0,5 МОм, и значение периода выходного сигнала периодомером МПП для точки диапазона измерений, при которой была произведена его штифтовка, - для предохранения от повреждения при транспортировке и указанное в свидетельстве о приемке.

6.3. На металлическую поверхность преобразователя ПЛДС-М-150М устанавливают вместе с шаблоном (пластина, соединяющая два анкера). Анкера приваривают к металлу и снимают шаблон. Преобразователи в месте установки должны быть защищены от механических повреждений и атмосферных осадков металлическими кожухами или защитными решетками согласно проекту размещения КИА.

6.4. В железобетонную конструкцию преобразователя ПЛДС-М - 400Р\* и ПЛДС-М-400С\* (позиция 1 на рис. 3) устанавливают при помощи разборных каркасов с монтажными стопорными муфтами 4, в которые вкручивают вертикальные стержни 2. На стержни извлекаемого из бетона каркаса, перед монтажом надевают полиэтиленовую трубку диаметром, превышающим диаметр стержня на 1 ... 2 мм.

**Преобразователь ПЛДС-М-150М-В1,  
укомплектованный анкерами (внешний вид поставляемого  
изделия)**



**Рис. 2**

Обозначения:

- 1. Преобразователь ПЛДС-М-150М-В1;
- 2. Анкер;
- 3-5. Гайки;
- 6. Анкер

8.5.3.5. Выполняя операции, изложенные в п. 8.5.3.3, последовательно воспроизводят на входе преобразователя деформации, соответствующие нижнему и верхнему пределам измерений деформаций. В указанных точках измеряют амплитуду напряжения выходного сигнала преобразователя деформаций.

8.5.3.6. Значения измеренных амплитуд напряжения выходного сигнала должны в момент времени  $T_2$  должно находиться в пределах от 4 до 37 мВ во всех поверяемых точках.

8.5.3.7. При невыполнении условия п. 8.5.3.6 преобразователь к дальнейшим операциям поверки не допускается и считается непригодным.

#### 8.5.4. Проверка погрешности измерений деформаций

8.5.4.1. Погрешность преобразователя проверяют в процессе одного цикла последовательного воспроизведения в точках соответствующих 0,00; 0,25; 0,50; 0,75; и 1,00 его диапазона измерений при двух направлениях медленных изменений входного сигнала (деформации) в процессе подхода к указанным точкам диапазона измерений со стороны меньших и со стороны больших значений.

Для осуществления подхода со стороны больших значений к точке, соответствующей верхнему пределу измерений (1,00) задают деформацию, на 5 % (от диапазона измерений) превышающую верхний предел измерений. Для осуществления подхода со стороны меньших значений к точке, соответствующей нижнему пределу измерений (0,00) задают перемещение, на 5% (от диапазона измерений) меньшее нижнего предела измерений.

8.5.4.2. Вычисленные значения деформаций, соответствующие указанным в п. 8.5.4.1. поверяемым точкам, задают с помощью

входу периодомера.

8.5.3.2. Производят подключение электронного осциллографа С1-83 к периодомеру по схеме, приведенной в действующей технической документации на периодомер (см. ПРИЛОЖЕНИЕ 3).

8.5.3.3. С помощью микрометрического винта приспособления ПР-1 устанавливают преобразователь в нулевое положение ( $\varepsilon = 0$ ). Для этого поворачивают микрометрический винт до тех пор, пока показание периодомера не станет равным значению, соответствующему по градуировочной характеристике точке  $\varepsilon = 0$ . Это значение приведено в таблице 1 протокола поверки. После этого с помощью осциллографа С1-83 измеряют амплитуду напряжения выходного сигнала преобразователя деформаций.

8.5.3.4. Значение амплитуды напряжения выходного сигнала определяют по шкале экрана осциллографа в момент времени  $T_2$  (см. рис.5) в указанных в п. 8.5.3.3 поверяемых точках.

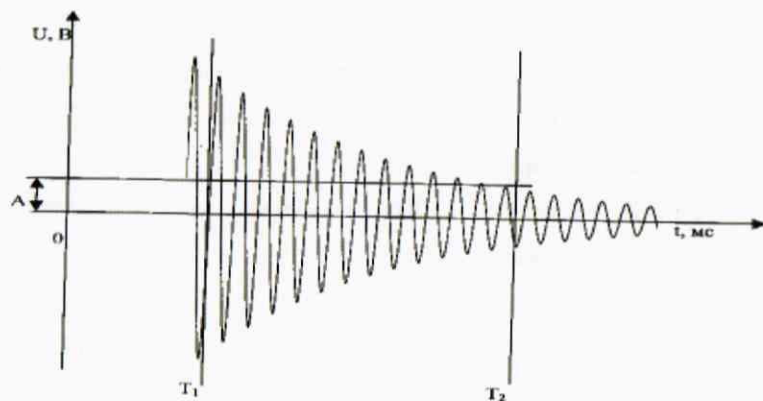


Рис. 5

- A - амплитуда напряжения выходного сигнала, мВ в момент времени  $T_2$ ;  
 $T_2$  - конец измерения; (200 периодов после окончания действия импульса возбуждения), мс.

### Разборный каркас для установки в бетоне розетки преобразователей ПЛДС-М-400.

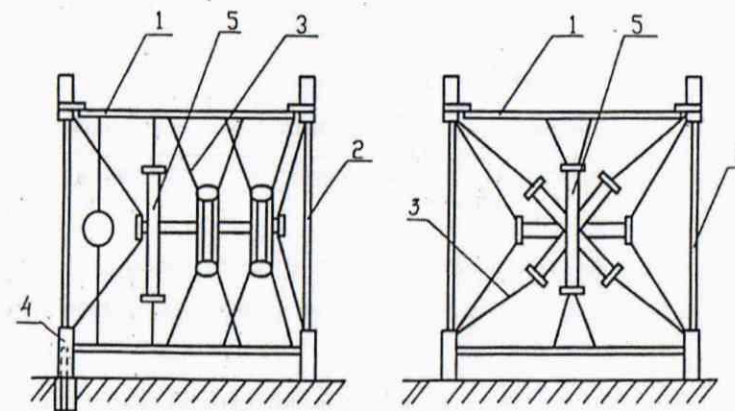


Рис. 3

Обозначения:

1. Верхняя рамка каркаса
2. Вертикальная стойка
3. Растяжка
4. Монтажная стопорная муфта
5. Преобразователи ПЛДС-М-400.

6.5. Монтаж преобразователей в каркасе с заданной ориентацией относительно осей сооружения производят с помощью растяжек 3 из вязальной проволоки диаметром 2 мм.

6.6. По окончании монтажа проверяют работоспособность преобразователей с помощью периодомера МПП.

6.7. Бетонирование пространства внутри каркаса до уровня верхней рамки каркаса 1 производят вручную с принятием мер по исключению попадания в это пространство заполнителя крупностью более 10 см и уплотняя бетонную смесь с внешней стороны каркаса ручным вибратором.

6.8. После частичного затвердевания бетонной смеси на уровне верхней рамки 1 обрезают проволочные растяжки, снимают верхнюю

рамку 1 и поочередно извлекают вертикальные стойки 2, выворачивая их из монтажных стопорных муфт 4.

6.9. Преобразователь после установки подключают к линии связи, выполненной теплостойким (до 90°C) кабелем с тремя медными гибкими жилами сечением не менее 1,0 мм<sup>2</sup>.

6.9.1. Соединение жил кабеля выполняется в соответствии с требованиями проектной документации по размещению КИА в конкретном сооружении.

Основными требованиями при соединении жил кабеля является:

- соединение жил кабеля следует выполнять пайкой припоем ПОС-61;
- изоляцию жил кабеля и герметизацию его оболочки выполняют с использованием термоусадочных трубок.

6.10 Измерения периода выходного сигнала преобразователя и измерение электрического сопротивления постоянному току обмотки катушки электромагнитного устройства преобразователя проводят с помощью периодомера МПП.

## 7. Порядок получения результата измерения

7.1. Проведение измерения деформации осуществляют в следующей последовательности:

7.1.1. Подключают жилы I, II и III кабеля преобразователя (см. рис.1) к входу периодомера МПП, производят измерение периода выходного сигнала преобразователя и фиксируют его показание  $X$  (мкс). По градуировочной характеристике преобразователя (1) и измеренному периоду  $X$  определяют наблюдаемое значение измеряемой деформации  $\epsilon_H$  (млн<sup>-1</sup>).

7.1.2. Переводят периодомер в режим измерения электрического сопротивления и измеряют электрическое сопротивление постоянному току обмотки катушки электромагнитного устройства преобразователя

утвержденной в установленном порядке,

- до начала поверки поверяемые преобразователи должны быть выдержаны в условиях, указанных в п.8.4.1, не менее 3 ч.

### 8.5. Проведение поверки

#### 8.5.1. Внешний осмотр

При внешнем осмотре устанавливают:

- наличие у преобразователя свидетельства о приемке с указанными в нем градуировочными характеристиками для измерителя деформаций и термометра сопротивления;
- наличие протокола поверки по форме, приведенной в ПРИЛОЖЕНИИ 1, в котором заполнены все строки, кроме строк  $X_M$  и  $X_B$  таблицы 1 и строки  $R_{нов}$  таблицы 2, заполняемых поверителем в процессе поверки преобразователя;
- наличие на поверяемом преобразователе маркировки с указанием обозначения его типа и модификации, заводского номера, а также года и квартала изготовления;
- отсутствие механических повреждений, препятствующих нормальному применению преобразователя (вмятин, сколов, трещин и т.п.), видимых на глаз.

#### 8.5.2. Опробование

8.5.2.1. Жилы I, II и III выводного кабеля преобразователя подключают ко входу периодомера МПП.

8.5.2.2. Измеряют период выходного сигнала преобразователя при отсутствии деформаций. Измеренное значение периода должно находиться в рабочем диапазоне периодов (п.4 таблицы 2).

8.5.2.3. При невыполнении условия п. 8.5.2.2. преобразователь к дальнейшим операциям поверки не допускается и считается непригодным.

#### 8.5.3. Проверка амплитуды напряжения выходного сигнала

8.5.3.1. Преобразователь закрепляют в приспособлении ПР-1 (см. ПРИЛОЖЕНИЕ 2), а жилы I, II и III его выводного кабеля подключают ко

6) Проверка погрешности измерений температуры	8.5.6	Температурная и климатическая камера серии Platipous® К, рабочий объем 0,3 м <sup>3</sup> , диапазон воспроизводимых температур от минус 10 до плюс 90 °С. Термометр ртутный стеклянный лабораторный ГЛ-2- 2 шт., диапазон измерений температуры от минус 30 до плюс 90 °С, абсолютная погрешность измерений температуры не более ±1,3 °С. Периодомер – мультиметр портативный МПП (см.п.2))
---	-------	--

8.2.2. Допускается применять другие средства поверки, удовлетворяющие по точности требованиям, указанным в таблице 4.

8.2.3. Средства поверки должны иметь действующие свидетельства и (или) клейма о поверке.

8.2.4. Метрологические характеристики модификаций преобразователя приведены в таблицах 1 и 2 настоящего руководства.

### 8.3. Требования безопасности

Требования безопасности изложены в разделе 5 настоящего руководства.

### 8.4. Условия поверки и подготовки к ней.

8.4.1. При проведении поверки преобразователей должны быть соблюдены следующие условия:

- температура воздуха в помещении, в котором производят поверку должна быть (20±5) °С,

- относительная влажность воздуха должна быть не более 80 % при температуре 25°С,

- атмосферное давление должно быть в диапазоне от 84 до 106 кПа.

8.4.2. Перед проведением поверки должны быть выполнены следующие подготовительные работы:

- средства поверки и вспомогательное оборудование должны быть подготовлены к работе согласно их технической документации,

$R_T$  – при температуре окружающей среды  $T$ , Ом;

7.1.3. По формуле (4) и определенному значению  $R_T$  определяют значение функции влияния  $\Psi(T)$  в  $\text{млн}^{-1}$  при температуре окружающей преобразователь среды  $T$ .

7.2. Значение измеренной ПЛДС-М-400 деформации бетона  $\epsilon_B$  определяют по зависимости:

$$\epsilon_B = \epsilon_H \times \frac{(L-I,7d) \pm \Psi(T)}{L} \quad (5)$$

где:  $\epsilon_H$  - наблюдаемое значение деформации, определенное по градуировочной характеристике преобразователя,  $\text{млн}^{-1}$ ;

$d$  – диаметр преобразователя ПЛДС-М - 400 равный 40 мм;

$L$  - база преобразователя, мм ( $L=400$  мм)

7.3. Значение измеренной ПЛДС-М-150М-В1 деформации металлоконструкции  $\epsilon_M$  определяют по зависимости:

$$\epsilon_M = \epsilon_H \pm \Psi(T), \quad (6)$$

7.4. Границы с доверительной вероятностью 0,95 абсолютной погрешности измерения деформации бетона  $\Delta B$  ( $\text{млн}^{-1}$ ) определяют по формуле:

$$\Delta B = \pm \sqrt{[D \times \gamma]^2 + (\beta \times \epsilon_B)^2} \quad (7)$$

где:  $D$  - диапазон измерений деформаций преобразователя,  $\text{млн}^{-1}$ ;

$\gamma$  - пределы основной погрешности преобразователя

деформаций, приведенной к его диапазону измерений;  $\gamma = \pm 0,02$ ;

$\beta$  - предельное значение случайной составляющей погрешности измерения, обусловленной неоднородностью бетона; для бетона с крупностью заполнителя до 40 мм  $\beta = 0,12$ , для бетона с крупностью заполнителя до 80 мм  $\beta = 0,18$ ;

$\epsilon_B$  - результат измерения деформации,  $\text{млн}^{-1}$ .

7.5. Пределы абсолютной погрешности измерения деформации металлоконструкции  $\Delta M$  ( $\text{млн}^{-1}$ ) определяют по формуле:

$$\Delta M = \pm D \times \gamma \quad (9)$$

где:  $D$  - диапазон измерений деформаций преобразователя,  $\text{млн}^{-1}$ ;

$\gamma$  - пределы основной погрешности преобразователя деформаций, приведенной к его диапазону измерений;  $\gamma = \pm 0,02$ ;

7.6. Результат измерения деформации, определенный по формулам (5) или (6), представляют именованным (в  $\text{млн}^{-1}$ ) числом с округлением до разряда десятков и пределами абсолютной погрешности, определенными соответственно по формулам (7) и (9) с тем же округлением.

7.7. По градуировочной характеристике преобразователя температуры (3), подставляя в нее измеренное значение электрического сопротивления постоянному току обмотки катушки электромагнитного устройства преобразователя  $R_T$ , определяют температуру окружающей среды  $T$ .

7.8. Результат измерения температуры окружающей среды преобразователь среды представляют именованным ( $^{\circ}\text{C}$ ) числом с округлением до десятых долей  $^{\circ}\text{C}$  и пределами абсолютной погрешности  $\pm 4,8^{\circ}\text{C}$ .

7.9. Результаты измерений должны быть записаны в журнале наблюдений или в памяти компьютера.

## 8. Методика поверки

8.1. Первичная поверка преобразователя производится на предприятии - изготовителе, в соответствии с указаниями настоящего раздела.

В случае, если до установки преобразователя на объекте эксплуатации со времени первичной поверки истекло 2 года и более, перед установкой его необходимо поверить заново.

Для преобразователей, эксплуатируемых с возможностью их

демонтажа, межповерочный интервал – один раз в 2 года.

### 8.2. Операции и средства поверки

8.2.1. При проведении поверки преобразователя должны быть выполнены операции и применены рекомендуемые средства поверки, указанные в таблице 4.

Таблица 4 – Операции и средства поверки

Наименование операции	Номер подпункта	Рекомендуемые средства поверки, требуемые характеристики
1) Внешний осмотр	8.5.1	
2) Опробование	8.5.2	Периодомер - мультиметр портативный МПП, диапазон измерений периода от 400 до 1400 мкс, относительная не более $\pm 0,07\%$ . Диапазон измерений сопротивлений электрическому току от 50 до 300 Ом, абсолютная погрешность не более $\pm 0,5$ Ом.
3) Проверка амплитуды напряжения выходного сигнала	8.5.3	Периодомер - мультиметр портативный МПП(см. п. 2). Осциллограф универсальный С1-83, относительная погрешность измерения амплитуды напряжения не более $\pm 5\%$ . Индикатор многооборотный типа 1 МИГ-0, диапазон измерений перемещений от 0 до 1 мм, абсолютная погрешность не более $\pm 1,5$ мкм
4) Проверка погрешности измерений деформаций	8.5.4	То же, что в п. 3), за исключением осциллографа С1-83 Приспособление для поверки ПР-1 (см. ПРИЛОЖЕНИЕ 2).
5) Проверка вариации	8.5.5	То же, что в п. 4)