



ОКБ "ГИДРОПРЕСС"

УТВЕРЖДАЮ

Заместитель директора  
ФГУП ВНИИМС

  
Н.В. Иванникова  
01.04.2016



УТВЕРЖДАЮ

Главный инженер –  
начальник отделения

  
Е.А. Лисенков  
12.04.2016



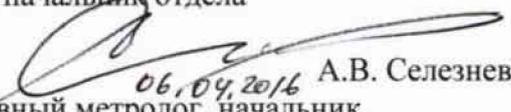
ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬ ПЕРЕМЕЩЕНИЙ

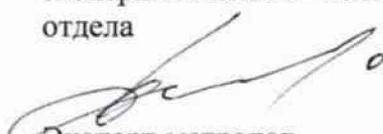
Методика поверки

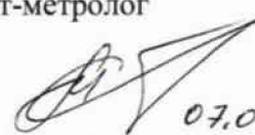
470.24 Д1

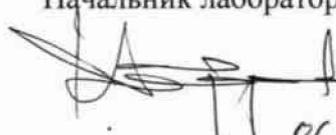
г.р.64562-16

Заместитель главного инженера –  
начальник департамента  
экспериментального обоснования  
РУ, начальник отдела

  
06.04.2016 А.В. Селезнев  
Главный метролог, начальник  
экспериментально - конструкторского  
отдела

  
07.04.2016  
А.И. Новиков  
Эксперт-метролог

  
07.04.2016  
С.А. Минеев  
Начальник лаборатории

  
06.04.2016  
В.У. Хайретдинов

|              |              |              |              |              |
|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| Инд. № подл. | Подп. и дата | Взам. инв. № | Инв. № дубл. | Подп. и дата |
|              |              |              |              |              |

## Содержание

|  |    |
|--|----|
| 1 Операции поверки.....  | 4  |
| 2 Средства поверки .....   | 5  |
| 3 Требования безопасности.....   | 6  |
| 4 Условия поверки и подготовка к ней .....   | 7  |
| 5 Проведение поверки .....   | 8  |
| 5.1 Проведение внешнего осмотра .....  | 8  |
| 5.2 Опробование .....  | 8  |
| 5.3 Определение максимального измеряемого виброускорения.....                      | 8  |
| 5.4 Определение нелинейности амплитудной характеристики.....                       | 9  |
| 5.5 Определение относительной погрешности измерений перемещения и виброперемещения | 10 |
| 6 Оформление результатов поверки.....  | 13 |

|              |              |              |              |              |
|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| Инв. № подл. | Подп. и дата | Взам. инв. № | Инв. № дубл. | Подп. и дата |
|              |              |              |              |              |

| Изм.        | Лист | № докум. | Подп.           | Дата     |
|-------------|------|----------|-----------------|----------|
| Разраб.     |      | Вахрушев | <i>Вахрушев</i> | 04.04.16 |
| Пров.       |      | Падеров  | <i>Падеров</i>  | 04.04.16 |
| Нач. группы |      | Падеров  | <i>Падеров</i>  | 04.04.16 |
| Н. контр.   |      | Смирнова |                 |          |
| Утв         |      |          |                 |          |

470.24 Д1

Преобразователь  
перемещений  
Методика поверки

| Лит.   | Лист | Листов |
|--|------|--------|
| 0  | 2    | 15     |
|  ОКБ «ГИДРОПРЕСС» |      |        |

Настоящая методика поверки распространяется на преобразователи перемещений, изготовленные по 470.24 ТУ и предназначенные для измерения статических и динамических линейных перемещений, в частности, элементов главного циркуляционного трубопровода (ГЦТ) относительно неподвижных опор при проведении специальных пуско-наладочных измерений (СПНИ).

Методика устанавливает методы и средства первичной поверки (при выпуске из производства) и периодической поверки преобразователей. Поверка осуществляется методом сличения.

Межповерочный интервал 2 года.

## 1 Операции поверки

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

Таблица 1 - Операции поверки

| Наименование операций  | Номера пунктов методики поверки | Проведение операций при поверке |               |
|--|---------------------------------|---------------------------------|---------------|
|  |                                 | первичной                       | периодической |
| 1 Внешний осмотр   | 5.1                             | проводится                      | проводится    |
| 2 Опробование  | 5.2                             | проводится                      | проводится    |
| 3 Определение максимально допустимого ускорения при измерении виброперемещений               | 5.3                             | проводится                      | проводится    |
| 4 Определение нелинейности амплитудной характеристики  | 5.4                             | проводится                      | проводится    |
| 5 Определение допускаемой относительной погрешности измерений перемещения и виброперемещения | 5.5,<br>5.5.2, 5.5.3            | проводится                      | проводится    |

## 2 Средства поверки

2.1 При проведении поверки должны применяться средства поверки, указанные в таблице 2.

Таблица 2 - Средства поверки

| Номера пунктов методики     | Наименование средств поверки   | Технические характеристики   |
|-----------------------------|--|--|
| 5.3, 5.4, 5.5, 5.5.2        | Штангенциркуль ШЦ-II   | Диапазон измерений 0 – 250 мм.<br>Абсолютная погрешность 0,05 мм.                        |
| 5.5.3                       | Пьезоакселерометр В&К 4370   | Погрешность 0,3%   |
| 5.5.3                       | Усилитель заряда В&К 2635  | Погрешность 0,3%   |
| 5.3, 5.4, 5.5, 5.5.2, 5.5.3 | Вторичный преобразователь МGCplus с модулем на несущей частоте ML55B                     | Диапазоны измерения $\pm(1,5 - 229.5)$ мВ/В<br>Класс точности 0,03                       |
| 5.5.3                       | Стенд вибрационный электродинамический ВЭДС-200  | Диапазон частот 20-2500 Гц<br>Максимальное усилие 2000 Н                                 |
| 5.5.3                       | Вторичный преобразователь эталонного канала МGCplus с модулем измерения напряжений ML01B | Диапазоны измерения $\pm 10$ В<br>Диапазон частот (0- 2400) Гц<br>Класс точности 0,03    |
| 5.2 – 5.5, 5.5.1, 5.5.3     | Образцовый стеклянный жидкостный термометр ТЛ-4  | Пределы измерений 0 – 50 °С<br>Цена деления 0,1 °С                                       |
| 5.2                         | Мегаомметр С.А 6533  | Погрешность 5%.<br>Пределы измерения до 2000 МОм.<br>Испытательное напряжение (50-500)В. |

2.2 Средства поверки, применяемые при первичной поверке, должны быть поверены или аттестованы органами государственной метрологической службы и иметь действующие свидетельства о поверке.

Средства поверки, применяемые при периодической поверке, должны быть поверены или аттестованы органами государственной или ведомственной службы и иметь действующие свидетельства о поверке или аттестации.

2.3 Допускается применение средств поверки, не предусмотренных настоящей методикой (кроме вторичного преобразователя МGCplus с модулем на несущей частоте ML55B) и позволяющее по своим техническим и метрологическим характеристикам обеспечить получение подтверждаемых характеристик преобразователя.

### 3 Требования безопасности

3.1 При проведении поверки должны соблюдаться "Правила технической эксплуатации электроустановок потребителей" и "Правила техники безопасности при эксплуатации электроустановок потребителей", утвержденные Госэнергонадзором России.

3.2 При поверке должны выполняться требования техники безопасности, изложенные в эксплуатационной документации на применяемые средства измерений.

3.3 К проведению поверки должны допускаться специалисты в области метрологии, сдавшие экзамен по технике безопасности, обученные и аттестованные в качестве поверителя.

Поверители должны обладать знаниями в области математической статистики и теории вероятности, владеть методами обработки результатов измерений, иметь навыки работы с микропроцессорной техникой и соответствующим программным обеспечением, применяемыми при поверке преобразователей.

#### 4 Условия поверки и подготовка к ней

4.1 При проведении поверки должны соблюдаться следующие условия:

- преобразователь должен быть установлен в испытательное приспособление с соблюдением указаний руководства по эксплуатации;
- температура окружающего воздуха  $(22 \pm 3) ^\circ\text{C}$ . Преобразователь должен быть предварительно выдержан при указанной температуре окружающего воздуха не менее 1 ч.;
- относительная влажность окружающего воздуха  $(65 \pm 15) \%$ ;
- атмосферное давление  $(100 \pm 4)$  кПа;
- напряжение сети питания  $(220_{-15}^{+10})$  В;
- частота напряжения сети питания  $(50 \pm 1)$  Гц;
- вибрация, тряска, удары, наклоны и магнитные поля, кроме земного, влияющие на работу преобразователя, при проведении статических измерений должны отсутствовать;
- выдержка преобразователя перед началом испытания после включения питания должна быть не менее 10 мин.

## 5 Проведение поверки

### 5.1 Проведение внешнего осмотра

5.1.1 При проведении внешнего осмотра должно быть установлено соответствие преобразователя следующим требованиям:

- поверяемый преобразователь не должен иметь повреждений, препятствующих его применению;
- преобразователь при поверке должен иметь паспорт;
- маркировка преобразователя должна соответствовать данным, указанным в руководстве по эксплуатации.

### 5.2 Опробование

5.2.1 При опробовании проверяют работоспособность преобразователя и электрическое сопротивление изоляции относительно корпуса.

Работоспособность преобразователя проверяют, производя перемещение штока по всей длине. При этом должно наблюдаться изменение выходного сигнала.

Электрическое сопротивление изоляции относительно корпуса проверяют с помощью мегомметра, присоединив один щуп к одному из выводов обмоток, а другой к корпусу преобразователя. Электрическое сопротивление изоляции должно быть не менее 10 МОм.

5.3 Определение максимально допустимого ускорения при измерении виброперемещений

5.3.1 Определение максимально допустимого ускорения при измерении виброперемещений производится в следующей последовательности:

- установить подвижную часть штангенциркуля в положение 120 мм (шток преобразователя выдвинут);
- настроить вторичную аппаратуру на запись процесса движения штока преобразователя, выставив диапазон частот (0 – 400) Гц и введя коэффициент преобразования в память вторичной аппаратуры, так чтобы запись производилась в мм;
- поместить плоскопараллельный брусок толщиной (10 – 20) мм между выдвинутым штоком преобразователя и площадкой на подвижной части штангенциркуля;
- выставить запускающий и останавливающий запись триггеры, так чтобы запись начиналась через (1-2) мм после начала движения штока и заканчивалась за (1-2) мм до

достижения штоком упора (для отсечки дребезга в моменты выдергивания бруска и соударения с упором);

- резко удалить брусок и записать отклик преобразователя (перемещение [мм] как функция времени [с]) при помощи программного обеспечения (в случае использования аппаратуры MGCplus программа Catman) и MS Excel;

- цифровые данные процесса аппроксимируются методом наименьших квадратов полиномом второй степени (5.1) пакетом "MS Excel":

$$y = \frac{a}{2}t^2 + vt + y_0 \quad (5.1)$$

- удвоенный коэффициент при квадратичном члене уравнения линии тренда есть максимально допустимое ускорение при измерении виброперемещений;

- если полученное значение меньше  $50 \text{ м/с}^2$ , то преобразователь считать негодным к эксплуатации;

#### 5.4 Определение нелинейности амплитудной характеристики

5.4.1 Определение нелинейности амплитудной характеристики выполнить в следующей последовательности:

- подключить преобразователь к вторичной аппаратуре и произвести полное перемещение штока. Изменение показаний свидетельствует о работоспособности преобразователя;

- закрепить штангенциркуль в приспособлении для статической градуировки и выдвинуть подвижную часть на 60 мм;

- закрепить преобразователь в приспособлении таким образом, чтобы кольцевая риска на штоке преобразователя была расположена на срезе гайки, и обнулить показания вторичного преобразователя;

- установить подвижную часть штангенциркуля в нулевое положение;

- произвести перемещение штока преобразователя посредством подвижной части штангенциркуля с шагом 10 мм во всем диапазоне от минус 60 мм до плюс 60 мм, считая значение 60 мм на шкале штангенциркуля нулевым и устанавливая точное положение при помощи винта перемещения подвижной части штангенциркуля;

- получить значения коэффициентов преобразования в каждой точке как отношение перемещений (в диапазоне  $\pm 60$  мм с учетом знака) к разности показаний вторичной аппаратуры в текущей и в нулевой точках;

- найти отклонения максимального и минимального коэффициентов от значения, указанного в паспорте преобразователя, как отношение разности максимального (минимального) и паспортного к паспортному, выраженное в %;

- если максимальное из отклонений коэффициента преобразования превышает допустимое ( $\pm 4\%$ ), преобразователь считать негодным к эксплуатации.

## 5.5 Определение относительной погрешности измерений перемещения и виброперемещения

5.5.1 Определение относительной погрешности измерений перемещения и виброперемещения разделено на два этапа, вследствие различных значений допускаемой погрешности вторичного преобразователя при больших и малых (вибро) перемещениях. Малыми считаются перемещения, когда в формуле (раздел 1 руководства по эксплуатации 470.24 РЭ) слагаемое  $\frac{\Delta x \cdot k}{y}$  примерно равно  $\frac{\Delta k}{k}$ . Этому условию соответствуют перемещения менее

$$y = \frac{\Delta x \cdot k \cdot k}{\Delta k \cdot 5} \approx 0,3 \cdot k, \quad (5.2)$$

где  $k$  – коэффициент преобразования из паспорта 470.24 ПС;

$\Delta x$  – допускаемая погрешность вторичного преобразователя MGCplus  $\Delta x = 0,0003 \cdot 45 \text{ мВ/В} = 0,0135 \text{ мВ/В}$  (раздел 1 руководства по эксплуатации 470.24 РЭ).

5.5.2 Для контроля относительной погрешности измерений перемещения (больших перемещений), необходимо произвести перемещение, фиксируя показания вторичного преобразователя (предварительно обнулив показания в нулевой точке) и штангенциркуля в 12-ти точках, равномерно распределенных по рабочему диапазону с шагом 10 мм (см п.5.4). Определить измеренное перемещение во всех точках (кроме нулевой) по формуле:

$$y_i = k \cdot (x_i - x_0), \quad (5.3)$$

где  $k$  – коэффициент преобразования из паспорта [мм/(мВ/В)],

$x$  – показания вторичного преобразователя [мВ/В];

Относительную погрешность измерений перемещения определить по формуле:

$$\gamma_{yi} = \frac{y_i - y_{штi}}{y_{штi}} \cdot 100\%, \quad (5.4)$$

где  $\gamma_y$  – фактическая относительная погрешность преобразователя;

$y_{шт}$  – перемещение, задаваемое штангенциркулем.

Определить допускаемую относительную погрешность измерений перемещения для всех  $y_{шт}$  по формуле:

$$\gamma_y = \left[ \frac{\Delta k}{k} + \frac{\Delta x \cdot k}{y} \right] \cdot 100 \quad (5.5)$$

где -  $\frac{\Delta k}{k} = 0,04$ ;

$\Delta x$  – допускаемая погрешность вторичного преобразователя MGCplus рассчитывается исходя из его характеристик как произведение основной относительной погрешности на используемый диапазон измерения  $\Delta x = 0,0003 \cdot 45 \text{ мВ/В} = 0,0135 \text{ мВ/В}$ )

$k$  – из паспорта.

Если фактическая относительная погрешность измерений перемещения превышает допускаемую, преобразователь считать негодным к эксплуатации.

5.5.3 Для контроля основной относительной погрешности измерений виброперемещения закрепить корпус преобразователя в специальном приспособлении на виброплатформе таким образом, чтобы штوك преобразователя упирался в стол виброплатформы на (1-2) мм глубже крайнего выдвинутого положения рабочего диапазона.

Рассчитать параметры вибрации (ускорение и частоту колебаний), чтобы обеспечить виброперемещения 0,03, 0,1 и 0,3 мм исходя из следующего соотношения:

$$S = \frac{a \cdot 1000}{4 \cdot \pi^2 \cdot f^2} \quad (5.6)$$

где  $S$  – среднеквадратическое значение (СКЗ) виброперемещения, мм;

$a$  – среднеквадратическое значение (СКЗ) ускорения,  $\text{м/с}^2$ ;

$f$  – частота колебаний, Гц.

Параметры вибрации должны быть таковы, чтобы виброперемещение  $S$  не превосходило допускаемое, рассчитанное по формуле (1.1) и деленное на  $\sqrt{2}$  (для перехода от амплитудного значения к среднеквадратичному (СКЗ)).

Возможная комбинация, например, из таблицы 5.1

Таблица 5.1

| Параметр   | Значение         |               |               |
|--|------------------|---------------|---------------|
|  | Частота $f$ , Гц | 80            | 40            |
| Ускорение $a$ , $\text{м/с}^2$                   | 7,6              | 6,3           | 19            |
| Виброперемещение $S$ , мм                        | $\approx 0,03$   | $\approx 0,1$ | $\approx 0,3$ |
| Максимально допустимое виброперемещение $S$ , мм | 0,14             | 0,56          | 0,56          |

Эталонный канал измерения задаваемых параметров вибрации должен иметь погрешность не хуже 5%.

Настроить вторичную аппаратуру на запись процесса колебания штока преобразователя в мВ/В, выставив диапазон частот (10 – 200) Гц и время записи от 30 до 60 с (длительность процесса).

Произвести вибровоздействие на преобразователь в трех указанных режимах. При помощи программного обеспечения Catman записать каждый режим в память компьютера и по полученным временным реализациям рассчитать и построить спектры для эталонного канала и канала преобразователя перемещения.

По величине сигнала на спектре эталонного канала на испытательной частоте рассчитать виброперемещение в мм по формуле:

$$S_i = \frac{a \cdot 1000}{4 \cdot \pi^2 \cdot f^2} = \frac{U}{K_{эм} \cdot K_{уз}} \cdot \frac{1000}{4 \cdot \pi^2 \cdot f^2} \quad (5.7)$$

где  $U$  - величине сигнала [мВ] на спектре на испытательной частоте  $f$  [Гц];

$K_{эм}$  – коэффициент преобразования акселерометра эталонного канала [пКл/(м/с<sup>2</sup>)];

$K_{уз}$  – коэффициент преобразования усилителя заряда эталонного канала [мВ/пКл].

По величине сигнала на спектре канала преобразователя перемещения на испытательной частоте рассчитать виброперемещение в мм по формуле:

$$y_i = k \cdot x, \quad (5.8)$$

где  $k$  – коэффициент преобразования из паспорта,  $x$  – величина сигнала на спектре на испытательной частоте.

Относительную погрешность измерения виброперемещений определить по формуле:

$$\gamma_y = \frac{y_i - S_i}{S_i} \cdot 100\%, \quad (5.9)$$

где  $\gamma_y$  – фактическая относительная погрешность преобразователя;

$y_i$  – измеренное виброперемещение, мм;

$S_i$  – рассчитанное по формуле (5.6), задаваемое виброперемещение, мм.

Определить допускаемую относительную погрешность измерения виброперемещений для всех  $S_i$  по формуле (5.5), где  $\frac{\Delta k}{k} = 0,04$ ,  $\Delta x = 0,0135$  для вторичного преобразователя MGCplus (п. 5.5.2),  $k$  – из паспорта.

Если фактическая относительная погрешность измерения виброперемещений превышает допускаемую, преобразователь считать негодным к эксплуатации.

## 6 Оформление результатов поверки

6.1 Преобразователи, удовлетворяющие требованиям настоящей методики, допускаются к применению.

6.2 При положительных результатах первичной или периодической поверки в паспорте 470.24 ПС производят запись о годности преобразователя к применению с указанием даты поверки и удостоверяют запись в установленном порядке.

6.3 Преобразователи, не удовлетворяющие требованиям, бракуют и не допускают к выпуску из производства, ремонта, а находящиеся в эксплуатации – к применению.

