

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ УНИТАРНОЕ ПРЕДПРИЯТИЕ  
«ВСЕРОССИЙСКИЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ  
МЕТРОЛОГИЧЕСКОЙ СЛУЖБЫ»  
(ФГУП «ВНИИМС»)

УТВЕРЖДАЮ

Заместитель генерального  
директора ООО «Турбоконтроль»

 М. В. Панкова

«30» май 2013 г.



УТВЕРЖДАЮ

Зам. директора  
ФГУП «ВНИИМС»

 В. Н. Яншин

«31» май 2013 г.



Системы автоматизированного диагностического  
обслуживания АСДО

Методика поверки  
ТУКЛ.425200.001 МП

л.р. 61719-15

Москва

2013

## Содержание

1	ОСНОВНЫЕ СВЕДЕНИЯ.....	4
2	ОПЕРАЦИИ ПОВЕРКИ .....	5
3	СРЕДСТВА ПОВЕРКИ .....	6
4	ТРЕБОВАНИЯ К КВАЛИФИКАЦИИ ПОВЕРИТЕЛЕЙ.....	8
5	ТРЕБОВАНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ .....	8
6	ПОДГОТОВКА И УСЛОВИЯ ПОВЕРКИ .....	9
7	ПРОВЕДЕНИЕ ПОВЕРКИ.....	11
7.1	Внешний осмотр.....	11
7.2	Проверка электрического сопротивления изоляции.....	11
7.3	Опробование. Проверка функционирования системы.....	11
7.4	Определение основной погрешности каналов .....	12
7.5	Определение основной погрешности газоаналитических каналов.....	27
7.6	Контроль идентификационных данных программного обеспечения .....	28
8	ОФОРМЛЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ПОВЕРКИ.....	29
ПРИЛОЖЕНИЕ А (справочное) .....		30
Ссылочные нормативные документы .....		30
ПРИЛОЖЕНИЕ Б (справочное).....		31
Вариант приспособления для крепления токовихревых датчиков.....		31
ПРИЛОЖЕНИЕ В (справочное).....		32
Вспомогательные приспособления для поверки .....		32
ПРИЛОЖЕНИЕ Г (справочное).....		34
Образец протокола поверки .....		34
Лист регистрации изменений .....		37

Перв. примен.

Справ. №

Подпись и дата

Инв. № дубл.

Взам. инв. №

Подпись и дата

Инв. № подл.

**ТУКЛ.425200.001 МП**

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата
Разраб.		Шелестов		
Проверил		Скородин		
Т. контр.		Кукушкин		
Н. контр.		Шевкопляс		
Утвердил		Панкова		

Система  
автоматизированного  
диагностического  
обслуживания АСДО.  
Методика поверки

Лит.	Лист	Листов
	2	37
ООО «Турбоконтроль»		

Настоящая методика поверки распространяется на Систему автоматизированного диагностического обслуживания АСДО (далее по тексту – «АСДО» или «система») и устанавливает методы первичной и периодической поверки.

АСДО выпускается в разных исполнениях, отличающихся типом и количеством входящих в состав подсистем и типами применяемых измерительных блоков.

**Примечание** – Наличие в составе АСДО подсистем, количество и типы измерительных каналов определяется заказанной спецификацией, указанной в формуляре.

Далее в тексте используются следующие сокращения:

- АЧХ** – амплитудно-частотная характеристика;
- АРМ** – автоматизированное рабочее место оператора (АРМ-01, АРМ-02);
- БГА** – блок газоаналитический;
- БПО** – блок предварительной обработки сигналов;
- БУС** – блок усиления и согласования;
- КД** – конструкторская документация;
- ПГС** – поверочная газовая смесь;
- ПО** – программное обеспечение;
- ПК** – персональный компьютер;
- РЭ** – руководство по эксплуатации;
- СДД** – струнный датчик деформации;
- СКЗ** – среднеквадратическое значение уровня сигнала (англ. RMS);
- ТУ** – технические условия;
- МП** – методика поверки;
- ФО** – формуляр на систему;
- ЦАП** – цифроаналоговый преобразователь;
- Пик-пик** – размах (двойная амплитуда) сигнала.

Перечень документов, на которые даются ссылки в тексте настоящей методики, приведен в Приложении А.

Инв. № подл.	Подпись и дата
Взам. инв. №	Инв. № дубл.
Подпись и дата	Подпись и дата

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	<b>ТУКЛ.425200.001 МП</b>	Лист
						3

# 1 ОСНОВНЫЕ СВЕДЕНИЯ

1.1 Методика позволяет проверить метрологические характеристики измерительных каналов:

- числа оборотов (основную относительную погрешность);
- СКЗ виброскорости (основную относительную погрешность) и СКЗ и размаха виброперемещения (основную относительную погрешность), а также неравномерность АЧХ (относительно базовых частот) при измерении СКЗ виброскорости и виброперемещения;
- неравномерности АЧХ (относительно базовых частот) при измерении СКЗ виброскорости и виброперемещения;
- СКЗ виброскорости (основную относительную погрешность);
- СКЗ и размаха виброперемещения (основную относительную погрешность);
- осевого сдвига (основную приведенную погрешность);
- крутящего момента (основную приведенную и относительную погрешности);
- деформации (основную абсолютную и приведенную погрешности);
- температуры (основную абсолютную погрешность);
- газоаналитических каналов (основную приведенную погрешность);
- идентификационные данные ПО.

1.2 Первичная поверка измерительных каналов системы проводится после монтажа, наладки и ввода в эксплуатацию. Периодическая поверка производится в процессе эксплуатации.

1.3 Межповерочный интервал для систем – один год.

Инв. № подл.	Подпись и дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подпись и дата					Лист
									4
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	ТУКЛ.425200.001 МП				



### 3 СРЕДСТВА ПОВЕРКИ

3.1 Для проведения поверки рекомендуется применять средства измерения и оборудование, указанное в таблице 3.1.

Таблица 3.1 – Средства измерений для поверки

Номер пункта методики поверки	Наименование эталона и вспомогательных средств поверки; номер документа, регламентирующего технические требования; метрологические и основные технические характеристики
7.2	Мегомметр М4100/3: диапазон измерения до 500 МОм; номинальное выходное напряжение 500 В; класс 1,0
7.3–7.7	IBM-совместимый ПК: ОС Windows XP/7; порты COM, USB, LAN
7.4.1	Генератор сигналов специальной формы SFG 2110: частота от 5 до 10000 Гц; погрешность установки/контроля частоты F не хуже $\pm(2 \cdot 10^{-5} \cdot F + 0,0001 \text{ Гц} / +1 \text{ младшего разряда})$
7.4.2, 7.4.3, 7.4.4, 7.4.5	Установка поверочная вибрационная 2 разряда в соответствии с МИ 2070-90: вибратор калибровочный портативный 9100С; частотный диапазон от 10 Гц до 10 кГц, амплитудный диапазон: виброскорости от 0 до 0,16 м/с, перемещения от 0 до 0,48 мм; погрешность не более 3 %
7.4.2, 7.4.3, 7.4.4, 7.4.5	Источник питания Б5-71: постоянное напряжение от 0 до 30 В; ток до 1 А
7.4.4	Головка микрометрическая Etalon 266; погрешность задания зазора не более 10 мкм
7.4.4	Вспомогательное оборудование для установки головки микрометрической; механизм юстировочный типа ИАЧ 033.013
7.4.5	Устройство для поверки преобразователей вихретоковых в статическом режиме УПД
7.4.6	Государственный первичный эталон единицы крутящего момента силы ГЭТ 149-85, диапазон измерений от 20 до 2500 Н·м, $\Theta_0 = 2 \cdot 10^{-4}$ , $S_0 = 0,810^{-4}$
7.4.6	Рабочий эталон крутящего момента силы 1 разряда ОММ – 20000, по ГОСТ 8.541 диапазон измерений от 200 до 20000 Н·м, $\delta C = 0,2 \%$
7.4.6	Образцовое средство измерений крутящего момента силы 2 разряда по ГОСТ 8.541, диапазон измерений от 200 до 50000 Н·м, $\delta C = 0,25 \%$ ;
7.4.1	Калибратор CA51 YOKOGAWA: постоянный ток от 0 до 20 мА $\pm 0,1 \%$ ; напряжение от 0 до 30 В $\pm 0,5 \%$ ; импульсы частотой от 20 Гц до 5 кГц; амплитуда до 28 В
7.4.7	Магазин сопротивлений P4831. ГОСТ 23737. Диапазон изменения сопротивления от 0,001 до 999,999 Ом; класс точности 0,02
7.4.7	Калибратор K3607. Диапазон изменения разбаланса моста от 0 до $\pm 10 \text{ мВ/В}$ ; класс точности 0,025
7.4.2–7.4.5, 7.4.7	Мультиметр 34410А: основная погрешность при измерении напряжения постоянного тока от 0 до 10 В – не более $\pm[0,003 U_{\text{изм}} + 0,005 U_{\text{пред}}]$ и постоянного тока от 0 до 100 мА – не более $\pm[0,003 I_{\text{изм}} + 0,005 I_{\text{пред}}]$
7.4.8	Вспомогательное оборудование для установки индикатора; индикатор модели 1 МИГ, диапазон измерения от 0,001 до 1,000 мм, цена деления 0,001 мм

Подпись и дата	
Инв. № дубл.	
Взам. инв. №	
Подпись и дата	
Инв. № подл.	

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

ТУКЛ.425200.001 МП

Окончание таблицы 3.1

Номер пункта методики поверки	Наименование образцового средства измерений или вспомогательных средств поверки; номер документа, регламентирующего технические требования; метрологические и основные технические характеристики
7.4.8	Измеритель для считывания значений с датчика СДД: переносное устройство считывания ДЖПИ 2.779.000 (чтение информации с датчиков по интерфейсу RS-485)
7.4.9	Термометр ТЛС-4; диапазон измерения от 0 до 55 °С; точность измерения ±0,1 °С
7.5	Баллон с ПГС для проверки CO, CO <sub>2</sub> , O <sub>2</sub> . Состав ПГС в соответствии с ТУ 2114-002-05015259-97 (CO – 0,5–1,0 от верхнего значения диапазона измерений; CO <sub>2</sub> – 0,5–1,0 от верхнего значения диапазона измерений; кислородно-азотная смесь: O <sub>2</sub> – 20,9 %, N <sub>2</sub> – 79 %)
7.5	Баллон с ПГС для проверки NO, NO <sub>2</sub> . Состав ПГС в соответствии с ТУ 2114-002-05015259-97 (NO – 0,5–1,0 от верхнего значения диапазона измерений; NO <sub>2</sub> – 0,5–1,0 от верхнего значения диапазона измерений; азот)
7.5	Баллон с ПГС для проверки CH <sub>4</sub> , SO <sub>2</sub> . Состав ПГС в соответствии с ТУ 2114-002-05015259-97 (CH <sub>4</sub> – 0,5–1,0 от верхнего значения диапазона измерений; SO <sub>2</sub> – 0,5–1,0 от верхнего значения диапазона измерений; азот)

**Примечание** – Допускается применение других средств измерений и испытательного оборудования, обеспечивающих необходимые основные параметры и характеристики (погрешность которых не превышает 1/3 предела допускаемого значения основной погрешности поверяемого изделия (ГОСТ 22261)).

3.2 Для проведения поверки используется программное обеспечение в соответствии с указаниями РЭ на систему.

Инв. № подл.	Подпись и дата
Взам. инв. №	Инв. № дубл.
Подпись и дата	

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата
------	------	----------	---------	------

ТУКЛ.425200.001 МП

Лист

7

## 4 ТРЕБОВАНИЯ К КВАЛИФИКАЦИИ ПОВЕРИТЕЛЕЙ

4.1 Проведение поверки должен выполнять персонал, аттестованный в соответствии с ПР 50.2.012-94 (Порядок аттестации поверителей средств измерений), прошедший инструктаж по технике безопасности и освоивший работу с системой.

## 5 ТРЕБОВАНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ

5.1 При подключении и поверке АСДО необходимо соблюдать общие требования безопасности, установленные в документах ГОСТ 12.2.007.0, ГОСТ 12.3.019, «Правила эксплуатации электроустановок потребителей», «Правила охраны труда при эксплуатации электроустановок потребителей».

5.2 При испытании изоляции и измерении ее сопротивления необходимо учитывать требования безопасности, установленные на испытательное оборудование.

5.3 Все работы должны производиться только квалифицированными специалистами, изучившими руководство по эксплуатации системы, знающими принцип действия используемых при проведении испытаний средств измерений и прошедшими инструктаж по технике безопасности.

5.4 Лица, допускаемые к поверке, должны при необходимости пользоваться средствами индивидуальной защиты от акустического шума (наушники), которые снижают уровень шума не менее чем на 20 дБ.

5.5 Установку и подключение средств поверки, поверяемых первичных преобразователей, а также вспомогательного оборудования производить при отключенном питании.

Инв. № подл.	Подпись и дата
Взам. инв. №	Инв. № дубл.
Подпись и дата	

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

ТУКЛ.425200.001 МП



## 6 ПОДГОТОВКА И УСЛОВИЯ ПОВЕРКИ

6.1 Поверка проводится при следующих условиях:

- температура окружающего воздуха ( $20 \pm 5$ ) °С;
- относительная влажность воздуха от 30 до 80 %;
- атмосферное давление от 84,0 до 106,7 кПа (от 630 до 800 мм рт. ст.);
- напряжение питающей сети ( $220 \pm 11$ ) В;
- частота тока питающей сети ( $50 \pm 0,5$ ) Гц;
- время выдержки системы во включенном состоянии до проведения испытаний должно быть не менее 5 мин (для подсистемы СДО-ЭМИ – не менее 60 мин);
- уровень внешних электрических и магнитных полей, а также действие вибрации в месте проведения испытаний должны быть в пределах норм, установленных в эксплуатационной документации на компоненты системы.

**Примечание** – При невозможности обеспечения нормальных условий, поверку проводят в фактических условиях эксплуатации. Условия поверки измерительных каналов системы на месте эксплуатации не должны выходить за пределы рабочих условий, указанных в технической документации на систему и на применяемые средства поверки. В этом случае должны быть рассчитаны пределы допускаемых погрешностей измерительных каналов и применяемых средств измерений для фактических условий поверки по РД 50-453–84.

6.2 Испытательное оборудование, стенды и устройства, применяемые при испытаниях, должны иметь паспорт и быть аттестованы в соответствии с действующей нормативно-технической документацией.

6.3 Средства измерений, применяемые при испытаниях, должны быть поверены в соответствии с правилами по метрологии ПР 50.2.006 и иметь действующие поверительные клейма или свидетельства о поверке.

6.4 Эталонные, поверяемые и вспомогательные средства должны быть выдержаны в нормальных условиях (п. 6.1) не менее двух часов.

6.5 Подготавливаются к работе средства поверки в соответствии с эксплуатационными документами на них.

6.6 Крепление пьезоэлектрических вибропреобразователей и акселерометров к поверочной вибрационной установке (вибровозбудителю) должно соответствовать их руководству по эксплуатации.

6.7 Крепление вихретоковых вибропреобразователей (проксиметров) к вибрационной установке осуществляется с помощью кронштейна, конструкция которого должна обеспечивать:

- отсутствие механической связи с рабочей поверхностью вибровозбудителя (далее – вибростол);

Подпись и дата	
Инв. № дубл.	
Взам. инв. №	
Подпись и дата	
Инв. № подл.	

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

ТУКЛ.425200.001 МП

Лист

9

- надежное крепление вибропреобразователей над вибростолом;
- совпадение направления главной оси чувствительности вибропреобразователя с направлением колебаний вибростола;
- отсутствие резонансных явлений в полосе частот в два раза превышающей рабочую полосу частот, контролируемое независимым устройством измерений вибрации (например, пьезоэлектрическим вибропреобразователем, установленным на кронштейне). В качестве кронштейна может использоваться приспособление, показанное в Приложении Б.

При креплении вибропреобразователя устанавливается зазор между его чувствительным элементом и эталонным образцом (закрепленным на вибростоле) в соответствии с проектными данными, указанными в формуляре. Эталонный образец изготавливается из того же материала, что и контролируемый объект (см. Приложение В).

6.8 Для обезжиривания рабочей поверхности вибростола и основания вибропреобразователя перед установкой его на вибростол применяется спирт этиловый (по ГОСТ Р 51723) из расчета 5 г на один вибропреобразователь.

6.9 Управление работой системы при испытаниях должно производиться в соответствии с указаниями, приведенными в разделе «Эксплуатация системы» РЭ (ТУКЛ.425200.001 РЭ). Результаты измерений считываются на ПК АРМ.

### Примечания

1 Если поверочная виброустановка не позволяет задавать непосредственно требуемые действительные значения виброперемещения, то значение виброперемещения вычисляют по одной из формул

$$S_d = \frac{a_d}{(2\pi f)^2} \cdot 10^6 = \frac{V_d}{2\pi f} \cdot 10^3, \quad (6.1)$$

$$V_d = \frac{a_d}{2\pi f} \cdot 10^3, \quad (6.2)$$

где  $S_d$  – значение виброперемещения, мкм;  
 $a_d$  – значение виброускорения, м/с<sup>2</sup>;  
 $V_d$  – значение виброскорости, мм/с;  
 $f$  – частота колебаний, задаваемых с помощью поверочной виброустановки, Гц;  
 $\pi \approx 3,1416$ .

2 При необходимости, можно воспользоваться формулами пересчета значений размаха (Пик-пик) в амплитуду (Пик) или «СКЗ», которые действуют для синусоидальной формы сигнала вибрации

$$a_d^{\text{Пик-Пик}} = 2 \cdot a_d^{\text{Пик}} = 2 \cdot \sqrt{2} \cdot a_d^{\text{СКЗ}}, \quad (6.3)$$

$$V_d^{\text{Пик-Пик}} = 2 \cdot V_d^{\text{Пик}} = 2 \cdot \sqrt{2} \cdot V_d^{\text{СКЗ}}, \quad (6.4)$$

$$S_d^{\text{Пик-Пик}} = 2 \cdot S_d^{\text{Пик}} = 2 \cdot \sqrt{2} \cdot S_d^{\text{СКЗ}}. \quad (6.5)$$

Инв. № подл.	Подпись и дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подпись и дата	Инв. № подл.	Лист	10

## 7 ПРОВЕДЕНИЕ ПОВЕРКИ

### 7.1 Внешний осмотр

При внешнем осмотре проверяется соответствие системы следующим требованиям:

- наличие полного комплекта документации в соответствии с формуляром;
- наличие лакокрасочных и гальванических покрытий;
- наличие всех крепежных элементов (болтов, гаек, шайб);
- надежность крепления изделий;
- целостность металлоукава кабеля датчика (при его наличии);
- крепление кабелей и надежность контактных соединений;
- целостность соединительных кабелей;
- наличие заземляющих устройств;
- наличие и четкость маркировочных надписей.

При обнаружении механических дефектов, а также несоответствия маркировки эксплуатационной документации определяется возможность проведения поверки и дальнейшего использования системы.

### 7.2 Проверка электрического сопротивления изоляции

При измерениях сопротивления изоляции использовать мегомметр с испытательным напряжением 500 В (например, М4100/3). Испытания проводятся в нормальных климатических условиях по методике, изложенной в ГОСТ Р 52931.

Испытания проводить между цепями блока: сетевое питание; встроенный источник вторичного питания; заземление – на время испытаний указанные цепи соединить между собой перемычками.

Результат испытаний считать положительным, если измеренное сопротивление изоляции не менее 20 МОм.

### 7.3 Опробование. Проверка функционирования системы

Проверка функционирования системы производится при ее функционировании в рабочем режиме путем визуального контроля приема и отображения информации от датчиков на ПК АРМ. Для проверки выполняются действия в следующей последовательности:

- 1) включить систему по методике, приведенной в разделе «Эксплуатация системы» РЭ;
- 2) на ПК АРМ запустить программу:

– для подсистемы СДО-ВМД среду исполнения: «Analysis Software» и «@ptitude Observer»;

Подпись и дата
Инв. № дубл.
Взам. инв. №
Подпись и дата
Инв. № подл.

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата
------	------	----------	---------	------

ТУКЛ.425200.001 МП

Лист

11

- для подсистемы СДО-ПМД среду исполнения: МПД «Расчет» и МПД «Просмотр»;
- для подсистемы СДО-ДН и СДО-НДС среду исполнения: «InSAT MasterScada»;
- для подсистемы СДО-ВЗ: «Мониторинг ВЗ»;
- для подсистемы СДО-ЭМИ: «Мониторинг ВГ»;

**Примечания** – Допускается применение других программ, которые обеспечивают чтение информации от первичных преобразователей в подсистемах.

3) на мониторе ПК АРМ проконтролировать отображение всех установленных на агрегате датчиков со значениями их текущего состояния (для автономных систем виброзащиты наличие сигналов контролировать на аналоговых выходах или встроенных технологических индикаторах).

Результат испытаний считать положительным, если от каждого измерительного канала информация отображается на ПК АРМ (или выводится на аналоговый выход).

#### 7.4 Определение основной погрешности каналов

Проверка производится только для используемых в системе каналов, в контрольных точках диапазона измерений, соответствующих указанному в формуляре диапазону.

##### 7.4.1 Проверка основной относительной погрешности каналов измерения частоты вращения

7.4.1.1 Проверка каналов производится путем имитации сигнала датчика при помощи генератора (например, ГЗ-122), формирующего сигналы с параметрами, указанными на рисунках 7.1–7.4 и таблице 7.1 ( $F$  – частота генератора).

Таблица 7.1 – Параметры сигнала генератора

Тип датчика	$U_0, В$	$U_{max}, В$	$t_n, с$	$T, с$	№ рисунка
Датчики частоты вращения серии Omron E2A	–	5...15	$\frac{1}{100 \cdot F}$	$1 / F$	7.1
Датчики серий AR2100, ВП	1,5...10	2,5...17,5	$\frac{1}{100 \cdot F}$	$1 / F$	7.2
Датчики серий TQ 4xx с усилителем сигнала типа IQS 450; DS-105x с усилителем сигнала OD-105x	-10	-17,5...-11	$\frac{1}{100 \cdot F}$	$1 / F$	7.3
Датчик частоты вращения ДЧВ-25	–	1...45		$1 / F$	7.4

Инв. № подл. | Подпись и дата | Взам. инв. № | Инв. № дубл. | Подпись и дата

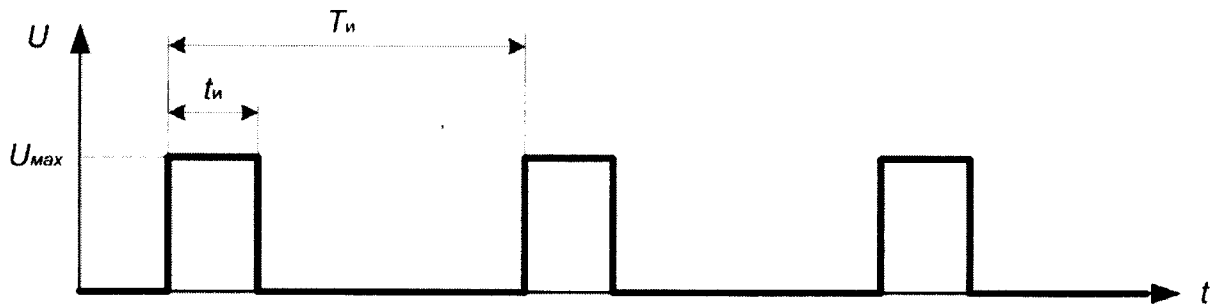


Рисунок 7.1 – Форма сигнала генератора для проверки канала измерения частоты вращения:  
 $U_{max}$  – амплитуда;  $t_n$  – ширина импульсов;  $T_n$  – период импульсов

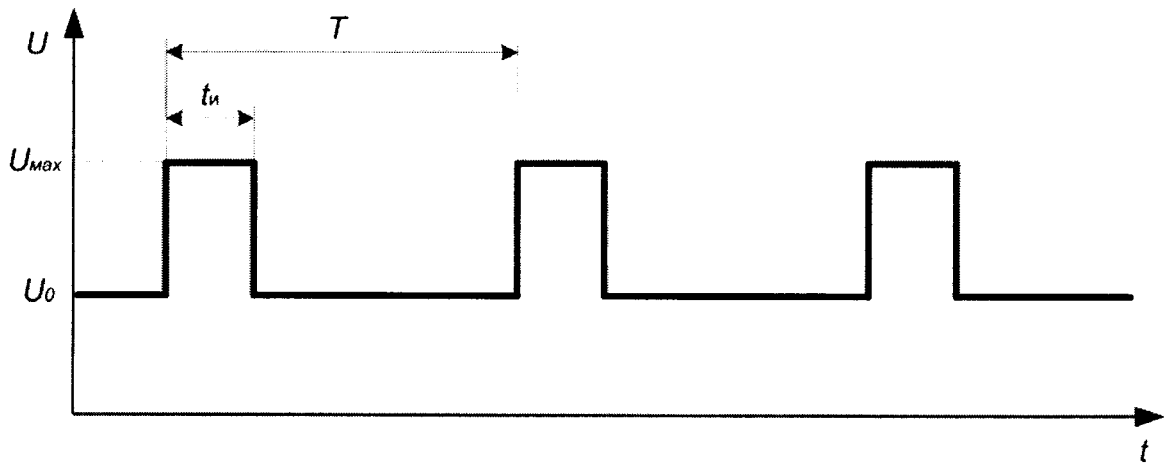


Рисунок 7.2 – Форма сигнала генератора для проверки канала измерения частоты вращения::  
 $U_0$  – уровень смещения;  $U_{max}$  – амплитуда;  $t_n$  – ширина импульсов;  $T$  – период импульсов

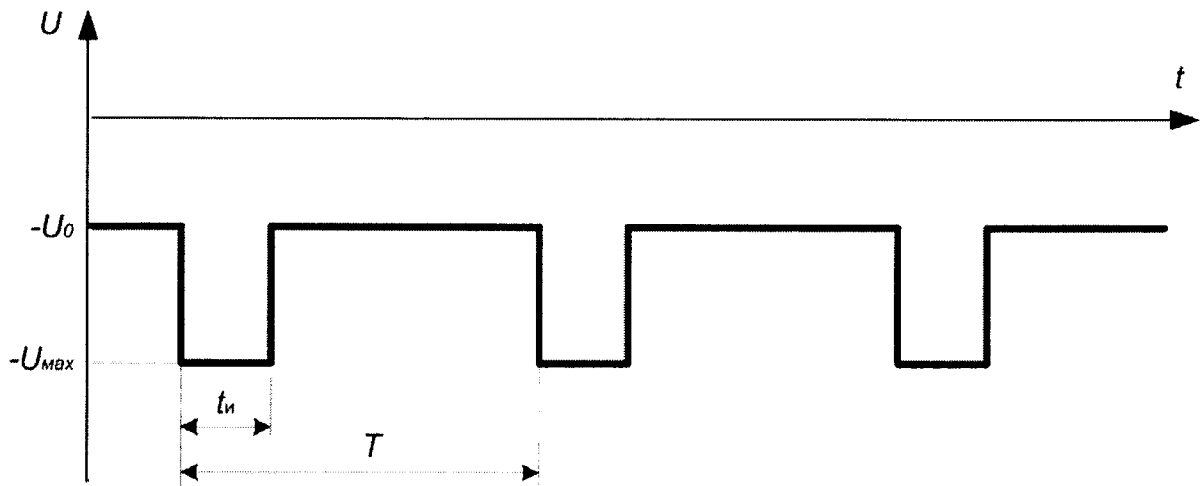


Рисунок 7.3 – Форма сигнала генератора для проверки канала измерения частоты вращения:  
 $U_0$  – уровень смещения;  $U_{max}$  – амплитуда;  $t_n$  – ширина импульсов;  
 $T$  – период импульсов

Подпись и дата	
Инв. № дубл.	
Взам. инв. №	
Подпись и дата	
Инв. № подл.	

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

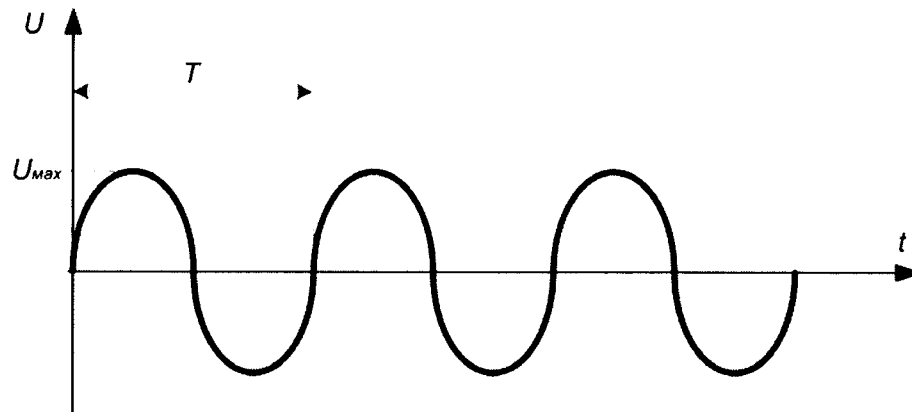


Рисунок 7.4 – Форма сигнала генератора для проверки канала измерения частоты вращения:  
 $U_{max}$  – амплитуда сигнала;  $T$  – период синусоидального сигнала

7.4.1.2 Проверяются каналы в следующей последовательности:

1) выполнить подключение генератора сигналов к входу проверяемого канала блока БПО;

**Примечание** – В случае использования в качестве задатчика частоты генератора, частоту на выходе генератора контролировать частотомером класса точности не ниже 0,01.

2) включить систему по методике, приведенной в разделе «Эксплуатация системы» РЭ, на ПК АРМ запустить программу «Каналы измерения»;

3) последовательно устанавливая частоту поступающего на вход сигнала, соответствующую пяти контрольным точкам диапазона измерения, зафиксировать измеренные значения частоты оборотов на ПК АРМ (для подсистемы СДО-ВМД) или соответствующем аналоговом выходе БПО (для подсистемы СДО-ВЗ) и занести их в таблицу 7.2;

**Примечание** – При измерениях на аналоговом выходе БПО выходное напряжение постоянного тока, измеренное с помощью вольтметра (например, В7-65) или выходной постоянный ток, измеренный с помощью миллиамперметра, пересчитывается на число оборотов в соответствии с конфигурацией блока.

Таблица 7.2 – Измеренные значения в контрольных точках

Измеряемый параметр	Контрольные точки диапазона, % (частота генератора, Гц)				
	0	25	50	75	100
Частота оборотов (канал 1), Гц					
Частота оборотов (канал 2), Гц					
Частота оборотов (канал 3), Гц					
Частота оборотов (канал 4), Гц					

4) рассчитать для каждой контрольной точки относительную погрешность по формуле

Подпись и дата
Инв. № дубл.
Взам. инв. №
Подпись и дата
Инв. № подл.

$$\gamma_1 = \frac{F_{изм} - F_{расч}}{F_{изм}} \cdot 100 \%, \quad (7.1)$$

где  $\gamma_1$  – относительная погрешность, %;

$F_{изм}$  – измеренное на ПК АРМ (для подсистемы СДО-ВМД) или соответствующем аналоговом выходе БПО (для подсистемы СДО-ВЗ) значение частоты, Гц;

$F_{расч}$  – значение частоты для данной контрольной точки (из таблицы 7.2), Гц;

5) по методике пп. (1)–(4) для каждого канала произвести измерения и расчет основной относительной погрешности.

7.4.1.3 Результат испытаний считать положительным, если для каждого канала основная относительная погрешность не превышает  $\pm 0,1$  %.

#### 7.4.2 Проверка неравномерности АЧХ (относительно базовых частот) каналов измерения СКЗ виброскорости и виброперемещения

7.4.2.1 Проверка неравномерности АЧХ каналов проводится с использованием поверочной виброустановки методом прямых измерений.

7.4.2.2 Проверяются каналы в следующей последовательности:

1) первичный преобразователь, подключенный к каналу измерения, закрепить на поверочной виброустановке (например, модели 9100С) согласно рекомендациям раздела 6 настоящей МП;

2) включить систему по методике, приведенной в разделе «Эксплуатация системы» РЭ на систему и на ПК АРМ запустить программу «Каналы измерения»;

3) подготовить виброустановку к работе, задав параметры:  
 – для **акселерометров и вибропреобразователей** (контроль неравномерности АЧХ при измерении СКЗ виброскорости): частота вибрации 80 Гц; СКЗ виброскорости 12 мм/с;  
 – для **проксиметров** (контроль неравномерности АЧХ при измерении размаха (Пик-пик) виброперемещения): частота вибрации 45 Гц; размах колебаний 50 мкм.

Зафиксировать измеренные значения (виброскорость, виброперемещение) на ПК АРМ (для подсистемы СДО-ВМД) или соответствующем аналоговом выходе БПО (для подсистемы СДО-ВЗ);

**Примечание** – При измерениях на аналоговом выходе БПО выходное напряжение постоянного тока, измеренное с помощью вольтметра (например, В7-65) или выходной постоянный ток, измеренный с помощью миллиамперметра, пересчитывается в соответствии с конфигурацией блока.

4) на вибростенде последовательно задавать частоты в контрольных точках диапазона от 10 до 100 Гц – с шагом 10 Гц, диапазона от 100 до 1000 Гц – с шагом 100 Гц, – зафикси-

Подпись и дата	
Инв. № дубл.	
Взам. инв. №	
Подпись и дата	
Инв. № подл.	

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

ровать показания измеренных значений (амплитуду соответствующей гармонической составляющей виброскорости по спектру, СКЗ виброскорости, размах соответствующей гармонической составляющей виброперемещения по спектру, виброперемещения) на ПК АРМ;

**Примечания:**

1 В зависимости от возможностей виброустановки допускается изменить значения задаваемых СКЗ виброскорости или размаха колебаний.

2 Для другого диапазона, указанного в формуляре на систему, допускается проводить измерения не менее чем для пяти точек, равномерно распределенных по диапазону (включая граничные точки диапазона).

5) для каждой проверенной контрольной точки рассчитать неравномерность АЧХ относительно уровня сигнала, измеренного на базовой частоте (соответственно, 80 и 45 Гц) по формулам:

– **неравномерность АЧХ при измерении СКЗ виброскорости (амплитуды гармонической составляющей виброскорости по спектру)**

$$\delta_V = \frac{V_{изм} - V_{(80 Гц)}}{V_{(80 Гц)}} \cdot 100 \%, \quad (7.2)$$

где  $\delta_V$  – неравномерность АЧХ относительно частоты 80 Гц при измерении СКЗ виброскорости (неравномерность АЧХ амплитуды соответствующей гармонической составляющей виброскорости по спектру), %;

$V_{изм}$  – измеренное на ПК АРМ (для подсистемы СДО-ВМД) или соответствующем аналоговом выходе БПО (для подсистемы СДО-ВЗ) значение СКЗ (амплитуды гармонической составляющей) виброскорости в контрольной точке диапазона частот вибрации, мм/с;

$V_{(80 Гц)}$  – измеренное на ПК АРМ (для подсистемы СДО-ВМД) или соответствующем аналоговом выходе БПО (для подсистемы СДО-ВЗ) значение СКЗ (амплитуды гармонической составляющей) виброскорости на частоте вибрации 80 Гц, мм/с;

– **неравномерности АЧХ при измерении размаха (Пик-пик) виброперемещения (размаха соответствующей гармонической составляющей виброперемещения по спектру)**

$$\delta_S = \frac{S_{изм} - S_{(45 Гц)}}{S_{(45 Гц)}} \cdot 100 \%, \quad (7.3)$$

где  $\delta_S$  – неравномерность АЧХ относительно частоты 45 Гц при измерении СКЗ размаха (Пик-пик) виброперемещения (неравномерность АЧХ размаха гармонической составляющей виброперемещения), %;

Подпись и дата	
Инв. № дубл.	
Взам. инв. №	
Подпись и дата	
Инв. № подл.	

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	<b>ТУКЛ.425200.001 МП</b>	Лист
						16



$S_{изм}$  – измеренное на ПК АРМ (для подсистемы СДО-ВМД) или соответствующем аналоговом выходе БПО (для подсистемы СДО-ВЗ) значение виброперемещения (размаха гармонической составляющей) в контрольной точке диапазона частот вибрации, мкм;

$S_{(45 Гц)}$  – измеренное на ПК АРМ (для подсистемы СДО-ВМД) или соответствующем аналоговом выходе БПО (для подсистемы СДО-ВЗ) значение виброперемещения (размаха гармонической составляющей) на частоте вибрации 45 Гц, мкм;

б) по методике пп. (1)–(5) для каждого канала произвести измерения и расчет неравномерности АЧХ.

7.4.2.3 Результат испытаний считать положительным, если для каждого канала неравномерность АЧХ не превышает  $\pm 10\%$ .

### 7.4.3 Проверка основной относительной погрешности измерения СКЗ виброскорости

7.4.3.1 Проверка каналов проводится с использованием поверочной виброустановки методом прямых измерений.

7.4.3.2 Проверяются каналы в следующей последовательности:

1) первичный преобразователь, подключенный к каналу измерения, закрепить на вибростоле поверочной виброустановки согласно рекомендациям раздела 6 настоящей МП;

2) подготовить виброустановку к работе, задав параметры: частота – 80 Гц, виброскорость – 2 мм/с (соответствует контрольной точке диапазона 0 %). Зафиксировать показания измеренного значения СКЗ (амплитуды гармоники) виброскорости на ПК АРМ (для подсистемы СДО-ВМД) или соответствующем аналоговом выходе БПО аналогично примечанию п. 7.4.1.2 (для подсистемы СДО-ВЗ);

3) на виброустановке последовательно задавать значения виброскорости в контрольных точках 25, 50, 75 и 100 % рабочего диапазона канала – фиксировать измеренные значения СКЗ (амплитуды гармоники) виброскорости на ПК АРМ (для подсистемы СДО-ВМД) или соответствующем аналоговом выходе БПО (для подсистемы СДО-ВЗ);

**Примечание** – При измерениях на аналоговом выходе БПО выходное напряжение постоянного тока, измеренное с помощью вольтметра (например, В7-65) или выходной постоянный ток, измеренный с помощью миллиамперметра, пересчитывается в соответствии с конфигурацией блока.

4) рассчитать для каждой проверенной контрольной точки относительную погрешность по формуле

$$\gamma_2 = \frac{V_{изм} - V_{уст}}{V_{изм}} \cdot 100\%, \quad (7.4)$$

Подпись и дата	
Инв. № дубл.	
Взам. инв. №	
Подпись и дата	
Инв. № подл.	

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	ТУКЛ.425200.001 МП	Лист
						17

где  $\gamma_2$  – относительная погрешность, %;

$V_{изм}$  – измеренное на ПК АРМ (для подсистемы СДО-ВМД) или соответствующем аналоговом выходе БПО (для подсистемы СДО-ВЗ) значение СКЗ (амплитуды гармоники) виброскорости, мм/с;

$V_{уст}$  – заданное на виброустановке значение виброскорости для контрольной точки, мм/с;

5) по методике пп. (1)–(4) для каждого канала произвести измерения и расчет основной относительной погрешности.

7.4.3.3 Результат испытаний считать положительным, если для каждого канала основная относительная погрешность не превышает  $\pm 10$  %.

#### 7.4.4 Проверка основной относительной погрешности каналов измерения виброперемещения

7.4.4.1 Проверка каналов производится с использованием поверочной виброустановки методом прямых измерений.

7.4.4.2 Проверяются каналы в следующей последовательности:

1) первичный преобразователь, подключенный к каналу измерения, закрепить над вибростолом поверочной виброустановки согласно рекомендациям раздела 6 настоящей МП;

2) подготовить виброустановку к работе, задав параметры: частота – 45 Гц, размаха (Пик-пик) виброперемещения – 10 мкм (соответствует СКЗ – 3,6 мкм) – соответствует контрольной точке диапазона 0 %. Зафиксировать показания измеренного значения виброперемещения на ПК АРМ (для подсистемы СДО-ВМД) или соответствующем аналоговом выходе БПО аналогично примечанию п. 4.2.1 (для подсистемы СДО-ВЗ);

3) на виброустановке последовательно задавать значения виброперемещения в контрольных точках 25, 50, 75 и 100 % рабочего диапазона – фиксировать измеренные значения размаха (размаха гармоники) виброперемещения на ПК АРМ (для подсистемы СДО-ВМД) или соответствующем аналоговом выходе БПО аналогично примечанию п. 7.4.1.2 (для подсистемы СДО-ВЗ);

4) рассчитать для каждой проверенной контрольной точки погрешность по формуле

$$\gamma_3 = \frac{S_{изм} - S_{уст}}{S_{изм}} \cdot 100 \%, \quad (7.5)$$

где  $\gamma_3$  – относительная погрешность, %;

Подпись и дата	
Инв. № дубл.	
Взам. инв. №	
Подпись и дата	
Инв. № подл.	

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	ТУКЛ.425200.001 МП	Лист
						18

$S_{изм}$  – измеренное на ПК АРМ (для подсистемы СДО-ВМД) или соответствующем аналоговом выходе БПО (для подсистемы СДО-ВЗ) значение виброперемещения (размаха гармоника), мкм;

$S_{уст}$  – заданное на виброустановке значение виброперемещения (размаха гармоника) для контрольной точки, мкм;

5) по методике пп. (1)–(4) для каждого канала произвести измерения и расчет основной относительной погрешности.

7.4.4.3 Результат испытаний считать положительным, если для каждого канала основная относительная погрешность не превышает  $\pm 12\%$ .

#### 7.4.5 Проверка основной приведенной погрешности каналов измерения осевого сдвига

7.4.5.1 Проверка каналов производится с использованием юстировочного приспособления, обеспечивающего создание регулируемого зазора между датчиком и поверхностью металлического образца с точностью  $\pm 0,01$  мм.

7.4.5.2 Проверяются каналы в следующей последовательности:

1) при помощи юстировочного приспособления, последовательно устанавливается минимальный, средний и максимальный зазоры в измерительной зоне – фиксировать измеренные значения на ПК АРМ (для подсистемы СДО-ВМД) или соответствующем аналоговом выходе БПО (для подсистемы СДО-ВЗ);

**Примечание** – При измерениях на аналоговом выходе БПО выходное напряжение постоянного тока, измеренное с помощью вольтметра (например, В7-65) или выходной постоянный ток, измеренный с помощью миллиамперметра, пересчитывается в соответствии с конфигурацией блока.

2) рассчитать для каждой проверенной контрольной точки погрешность по формуле

$$\gamma_l = \frac{L_{изм} - L_{устан}}{L_n} \cdot 100\%, \quad (7.6)$$

где  $\gamma_l$  – приведенная погрешность измерения, %;

$L_{изм}$  – измеренное значение перемещения на ПК АРМ (для подсистемы СДО-ВМД) или соответствующем аналоговом выходе БПО, мм;

$L_{устан}$  – установленное юстировочным устройством значение зазора;

$L_n$  – нормирующее значение, равное разности между верхней и нижней границами диапазона, мм;

Подпись и дата
Инв. № дубл.
Взам. инв. №
Подпись и дата
Инв. № подл.

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	ТУКЛ.425200.001 МП	Лист
						19

3) по методике пп. (1)–(2) для каждого канала произвести измерения и расчет основной приведенной погрешности.

7.4.5.3 Результат испытаний считать положительным, если для каждого измерительного канала основная приведенная погрешность в диапазоне измерений не превышает  $\pm 7\%$ .

#### 7.4.6 Проверка основной погрешности канала измерения крутящего момента

7.4.6.1 Измеритель крутящего момента устанавливается на образцовое средство измерений крутящего момента силы 2 разряда по ГОСТ 8.541; (далее – поверочное устройство) в соответствии с их эксплуатационной документацией.

7.4.6.2 Установленный на поверочное устройство измеритель равномерно нагружают, а затем разгружают ступенями нагрузки  $M$  от 1,0 кН·м до  $M_{max}$ , при этом число точек нагружения в диапазоне измерений должно быть не менее пяти. Нагружения проводят плавно (без ударов и рывков). Перемены знака нагрузки до окончания нагружения не допускаются. В случае несоблюдения этого требования цикл повторяют. Количество циклов нагружения не менее трех.

7.4.6.3 В каждой  $i$ -ой точке диапазона измерений для каждого  $k$ -го цикла фиксируют показания цифрового индикатора усилителя при нагружении  $Y'_{ik}$  (прямой ход), и при разгрузке  $Y''_{ik}$  (обратный ход).

7.4.6.4 По полученным результатам измерений рассчитывают средние арифметические значения крутящего момента силы, для прямого  $\bar{Y}'_i$  и обратного  $\bar{Y}''_i$  хода отдельно, по формулам

$$\bar{Y}'_i = \frac{1}{n} \cdot \sum_{k=1}^n Y'_{ik}, \quad \bar{Y}''_i = \frac{1}{n} \cdot \sum_{k=1}^n Y''_{ik}, \quad (7.7)$$

где  $n$  – число циклов нагружения.

7.4.6.5 Абсолютное значение оценки систематической составляющей основной погрешности  $\Delta_{ci}$  рассчитывают по формуле

$$\Delta_{ci} = \left| \frac{\bar{Y}'_i + \bar{Y}''_i}{2} - M_i \right|, \quad (7.8)$$

где  $M_i$  – номинальное значение крутящего момента в поверяемой точке нагрузки, воспроизводимое поверочным устройством.

7.4.6.6 Абсолютное значение вариации показаний рассчитывают по формуле

$$V_i = \left| \bar{Y}'_i - \bar{Y}''_i \right|. \quad (7.9)$$

Инв. № подл.	Подпись и дата
Взам. инв. №	Инв. № дубл.
Подпись и дата	
Инв. № подл.	

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	ТУКЛ.425200.001 МП	Лист
						20

7.4.6.7 Среднее квадратическое отклонение случайной составляющей основной погрешности с учетом вариации показаний рассчитывают по формуле

$$\Delta_i^o = \sqrt{\frac{\sum_{k=1}^n (Y_{ik}' - \bar{Y}_i')^2 + \sum_{k=1}^n (Y_{ik}'' - \bar{Y}_{ik}'')^2}{2n-1}} + \frac{V_i^2}{12}, \quad (7.10)$$

где  $n$  – число циклов нагружения.

7.4.6.8 Суммарную основную погрешность измерителя в поверяемых точках рассчитывают по формуле

$$\Delta_i = 2 \cdot \Delta_i^o + \Delta_{ci}. \quad (7.11)$$

7.4.6.9 Относительную основную погрешность измерителя в поверяемых точках (в процентах) рассчитывают по формуле

$$\delta_i = \frac{\Delta_i \cdot 100}{M_i}, \quad (7.12)$$

где  $\Delta_i$  – суммарная основная погрешность измерителя в поверяемых точках;

$M_i$  – номинальное значение крутящего момента в поверяемой точке нагрузки.

7.4.6.10 Относительную основную погрешность измерителя определяют по формуле

$$\delta_m = \max_{\delta}(\delta_i), \quad (7.13)$$

где  $\max_{\delta}(\delta_i)$  – максимальное значение относительной погрешности в диапазоне её нормирования.

7.4.6.11 Приведенную основную погрешность измерителя (в процентах) в диапазоне её нормирования рассчитывают по формуле

$$\delta_{np} = \frac{\max(\Delta_{npi}) \cdot 100}{M_{np \max}}, \quad (7.14)$$

где  $\Delta_{npi}$  – максимальное значение оценки суммарной погрешности измерителя (в

абсолютных единицах) в диапазоне нормирования приведенной погрешности;

$M_{np \max}$  – верхний предел диапазона нормирования приведенной погрешности.

7.4.6.12 Результат испытаний считать положительным, если вычисленные по формулам (7.13) и (7.14) значения погрешностей не превышают указанных в руководстве по эксплуатации.

Подпись и дата
Инв. № дубл.
Взам. инв. №
Подпись и дата
Инв. № подл.

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	ТУКЛ.425200.001 МП	Лист
						21

## 7.4.7 Проверка основной абсолютной погрешности каналов измерения деформации

7.4.7.1 При проверке тензометрических датчиков (привариваемых тензорезисторов АWC-8B-11-3LT и др.) проверяется их сопротивление на соответствие номинальному значению (без демонтажа, но с временным отключением от канала измерения в монтажной клеммной коробке).

7.4.7.2 Работающие с тензометрическими датчиками каналы проверяются в следующей последовательности:

- 1) в монтажной клеммной коробке на время проверки канала, вместо измерительного тензорезистора, установить меру сопротивления (например, P4831);
- 2) подготовить проверяемый канал для работы в режиме измерения деформации и, используя меру сопротивления, сбалансировать измерительный мост;
- 3) последовательно изменяя значения сопротивления разбалансировки моста, соответствующие контрольным точкам рабочего диапазона (см. таблицы 7.3, 7.4), зафиксировать на ПК АРМ в проверяемом канале показания измеренного значения для каждой контрольной точки;

Таблица 7.3 – Проверяемые значения деформации тензомоста (120 Ом)\*

Параметр	Контрольные точки измеряемого диапазона, %						
	0	10	30	50	70	90	100
Деформация ( $D_{расч}$ ), мкм/м ( $\times 10^{-6}$ , Strain)	-5000	-4000	-2000	0	2000	4000	5000
Изменение сопротивления датчика ( $\Delta R$ ), Ом	-1,224	-0,979	-0,490	0,000	0,490	0,979	1,224
Сопротивление измерительного датчика ( $R$ ), Ом	118,776	119,021	119,510	120,000	120,490	120,979	121,224
Напряжение разбалансировки моста на вольт питания моста ( $\Delta U$ ), мВ/В	-2,550	-2,040	-1,020	0,000	1,020	2,040	2,550
Значение деформации на АРМ ( $D_{изм}$ ), мкм/м							
Абсолютная погрешность измерения деформации ( $\Delta D$ ), мкм/м							

\* При использовании калибратора СВМ-123А на нем выставляются значения разбалансировки в соответствии со строкой «Деформация ( $D$ )». При использовании магазинов сопротивлений на магазине выставляются значения в соответствии со строкой «Сопротивление измерительного датчика ( $R$ )».

Подпись и дата	
Инв. № дубл.	
Взам. инв. №	
Подпись и дата	
Инв. № подл.	

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	ТУКЛ.425200.001 МП	Лист
						22

Таблица 7.4 – Проверяемые значения деформации тензомоста (350 Ом)\*\*

Параметр	Контрольные точки измеряемого диапазона, %						
	0	3	27	50	73	96	100
Деформация ( $D_{расч}$ ), мкм/м	-3000	-2800	-1400	0	1400	2800	3000
Изменение сопротивления ( $\Delta R$ ), Ом	-2,100	-1,960	-0,980	0,000	0,980	1,960	2,100
Сопротивление измерительного датчика ( $R$ ), Ом	347,90	348,04	349,02	350,00	350,98	351,96	352,10
Напряжение разбалансировки моста на вольт питания моста ( $\Delta U$ ), мВ/В	-1,50	-1,40	-0,70	0,00	0,70	1,40	1,50
Значение деформации на АРМ ( $D_{изм}$ ), мкм/м							
Абсолютная погрешность измерения деформации ( $\Delta D$ ), мкм/м							

\*\* При использовании калибратора К-3607 на нем выставляются значения разбалансировки в соответствии со строкой «Напряжение разбалансировки моста на вольт питания моста ( $\Delta U$ )». При использовании магазинов сопротивлений на магазине выставляются значения в соответствии со строкой «Сопротивление измерительного датчика ( $R$ )».

### Примечания

- 1 Измерение производить не менее чем в пяти контрольных точках.
- 2 Изменение сопротивления тензорезистора связано с деформацией по формуле

$$\Delta R = G \cdot \varepsilon_0 \cdot R_{ном} , \quad (7.15)$$

где  $\Delta R$  – изменение сопротивления при деформации (растяжение увеличивает сопротивление, сжатие – уменьшает), Ом;

$G$  – тензометрический коэффициент или  $G$ -фактор (англ. Gauge Factor):  
для АWC-8В-11-3LT – 2,04; для LS-31 – 2,0 (значение из паспорта);

$\varepsilon_0$  – деформация (связана с перемещением ( $D$ ) соотношением  $\varepsilon_0 = D \cdot 10^{-6}$ );

$R_{ном}$  – номинальное сопротивление тензорезистора, Ом.

- 4) рассчитать для каждой контрольной точки абсолютную погрешность по формуле

$$\Delta D = D_{изм} - D_{расч} , \quad (7.16)$$

где  $\Delta D$  – абсолютная погрешность измерений в заданной контрольной точке, мкм/м;

$D_{изм}$  – (измеренное) отображаемое на ПК АРМ значение перемещения, мкм/м;

$D_{расч}$  – значение перемещения для данной контрольной точки (из таблиц 7.3, 7.4), мкм/м;

Подпись и дата
Инв. № дубл.
Взам. инв. №
Подпись и дата
Инв. № подл.

5) по методике пп. (1)–(4) для каждого канала произвести измерения и расчет основной абсолютной погрешности.

**Примечание** – Допускается проверять канал, по уровню напряжения разбалансировки моста, приходящегося на один вольт его питания. Напряжение разбалансировки связано с деформацией соотношением

$$\Delta U = (G \cdot \varepsilon_0 \cdot E)/4, \quad (7.17)$$

где  $\Delta U$  – напряжение разбалансировки моста на вольт питания моста, мВ/В;  
 $E$  – напряжение питания моста, В.

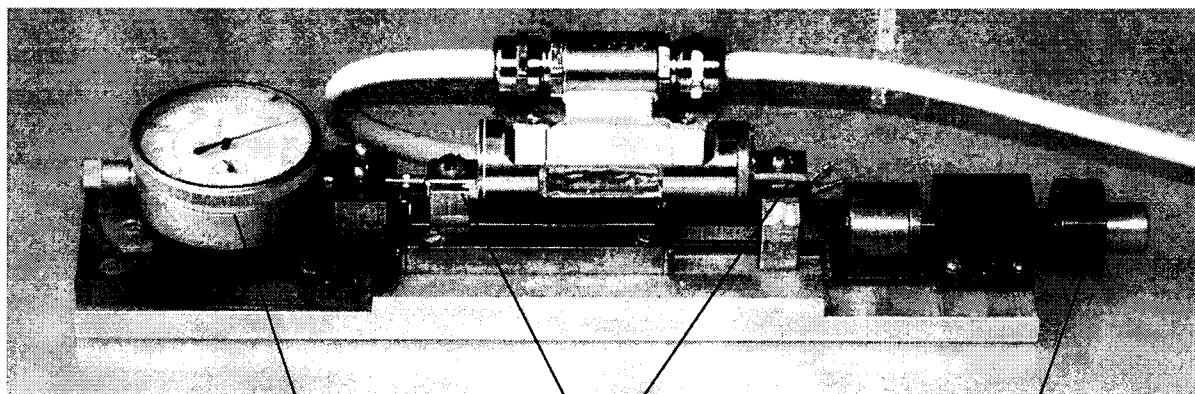
7.4.7.3 Результат испытаний считать положительным, если для каждого канала основная абсолютная погрешность не превышает значения  $\pm(10,0+0,005 \cdot D_{изм})$  мкм/м ( $D_{изм}$  – измеренное значение деформации).

**ВНИМАНИЕ!** После окончания калибровки следует подключить все ранее отключенные провода к соответствующим цепям в клеммной коробке.

#### 7.4.8 Проверка основной приведенной погрешности каналов измерения деформации для датчиков СДД

7.4.8.1 Проверка струнных датчиков деформации (СДД) производится следующим методом:

1) закрепить СДД на поверочном стенде, как это показано на рисунке 7.5, затянув крепежные винты (кинематическая схема стенда приведена на рисунке 7.6);



Индикатор МИГ

Крепежные  
винты

Шкив регулировочного  
винта

Рисунок 7.5 – Вид поверочного стенда для датчика СДД

Подпись и дата
Инв. № дубл.
Взам. инв. №
Подпись и дата
Инв. № подл.

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	ТУКЛ.425200.001 МП	Лист
						24





Рисунок 7.6 – Кинематическая схема поверочного стенда для датчика СДД

2) выводы кабеля датчика подсоединить к устройству считывания – измерителю для считывания значений с датчика СДД по интерфейсу RS-485. Провода кабеля датчика имеют цветовую маркировку, расшифровка которой приведена в таблице 7.5;

Таблица 7.5 – Цветовая маркировка цепей датчика ССД

Цвет провода	Электрическая цепь
Желто-зеленый	Информационная линия D+
Коричневый	Информационная линия D-
Синий	Плюс источника питания
Черный	Минус источника питания

**Примечание** – Цветовая маркировка электрических цепей может отличаться от указанной в таблице. В этом случае соответствие конкретных цветов электрическим цепям указывается в сопроводительной документации на датчик.

**ВНИМАНИЕ!** Не допускайте короткого замыкания проводов кабеля датчика на его свободном конце.

3) включить устройство считывания – при корректном подключении и исправности датчика на дисплее должно появиться сообщение «Sensor DDD», где DDD – сетевой адрес датчика, записанный при выпуске его из производства (при отсутствии связи появится сообщение «no sensor»);

4) переключить устройство считывания в режим измерения частоты, нажав клавишу {F2} – на индикаторе отобразится числовое значение;

5) плавно вращая шкив регулировочного винта поверочного стенда, установить начальную частоту колебаний струны, отображаемую на дисплее устройства считывания, в диапазоне от 1840 до 1860 Гц;

6) если начальная частота лежит в пределах указанного диапазона, то следует сохранить ее в памяти датчика, для чего нажимается клавиша {F3}. После появления на дисплее

Подпись и дата
Инв. № дубл.
Взам. инв. №
Подпись и дата
Инв. № подл.

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	ТУКЛ.425200.001 МП	Лист
						25

сообщения «save F» нажать клавишу {Enter} – при корректном завершении операции на дисплее появится сообщение «ОК»;

7) нажать клавишу {F1} – при корректной работе датчика величина перемещения, отображаемая на дисплее, должна быть равна 000, а отображаемая температура соответствовать температуре окружающей среды с допустимым отклонением  $\pm 3$  °С;

8) установить показания индикатора С21/М в диапазоне от 0,3 до 0,6 мм – вращая шкалу индикатора, установите шкалу на ноль;

9) плавно вращая шкив регулировочного винта поверочного стенда, последовательно задайте приращения перемещения, отсчитываемые по показаниям шкалы индикатора, равные  $(N \cdot 10 \pm 1)$  мкм, где N – натуральный ряд чисел от 1 до 15.

При каждом значении N зафиксируйте реальные показания индикатора и устройства считывания.

Аналогично задайте приращения перемещения в обратном порядке (N – от 14 до нуля) и вновь зафиксируйте показания индикатора и устройства считывания при каждом значении N;

10) повторить действия по пп. (9) для значений N от нуля до минус 10;

11) рассчитать погрешность измерения для каждого значения N по формуле

$$\gamma_{сдд} = \frac{A_N - B_N}{250} \cdot 100\%, \quad (7.18)$$

где  $\gamma_{сдд}$  – приведенная погрешность измерения, %;

$A_N$  – показания индикатора С21/М при заданном значении N;

$B_N$  – показания устройства считывания при заданном значении N.

7.4.8.2 Результат испытаний считать положительным, если для каждого канала основная приведенная погрешность не превышает  $\pm 2,0$  %.

#### 7.4.9 Проверка основной абсолютной погрешности измерения температуры для датчиков СДД

7.4.9.1 Проверяются каналы с подключенным датчиком в следующей последовательности:

- 1) подготовить проверяемый канал для работы в режиме измерения температуры;
- 2) проверить измеренные датчиком значения температуры в контрольной точке, соответствующей окружающей температуре;
- 3) измерить показания температуры в месте расположения датчика образцовым термометром ( $T_{тер}$ );

Инв. № подл.	
Подпись и дата	
Взам. инв. №	
Инв. № дубл.	
Подпись и дата	

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	<b>ТУКЛ.425200.001 МП</b>	Лист
						26

4) рассчитать абсолютную погрешность измерения для каждого канала по формуле

$$\Delta T = T_{изм} - T_{тер}, \quad (7.19)$$

где  $\Delta T$  – абсолютная погрешность измерений в заданной контрольной точке, °С;

$T_{изм}$  – измеренное на ПК АРМ значение температуры в заданной контрольной точке, °С;

$T_{тер}$  – показания образцового термометра, °С.

5) по методике пп. (1)–(4) для каждого канала произвести расчет абсолютной погрешности измерения.

7.4.9.2 Результат испытаний считать положительным, если для каждого канала в одной точке диапазона рассчитанная абсолютная погрешность не превышает  $\pm 3$  °С.

### 7.5 Определение основной погрешности газоаналитических каналов

7.5.1 Проверка каналов подсистемы проводится с использованием поверочной газовой смеси (ПГС) методом прямых измерений.

7.5.2 Проверяются каналы в следующей последовательности:

1) подготовить проверяемый канал газоанализатора для работы в режиме измерения объемных долей углерода (СО) в соответствии с РЭ;

2) подать на вход газоанализатора калибровочную (поверочную) газовую смесь, содержащую измеряемый компонент. Следует использовать газовые смеси, указанные в МП газоанализатора или составные смеси, изготовленные по ТУ 2114-002-05015259-97;

3) произвести калибровку канала измерения объемных долей углерода (СО) газоанализатора в режиме «Ручная калибровка» по РЭ на применяемый тип газоанализатора или в соответствии с эксплуатационной документацией, поставляемой в комплекте с газоанализатором;

4) после установления показаний на индикаторе газоанализатора, зафиксировать результаты измерения объемной доли компонента и сравнить с показаниями измеренного значения на ПК АРМ – значения должны совпадать;

5) по методике пп. (1)–(4) проконтролировать каждый канал измерения.

7.5.3 Результат испытаний считать положительным, если для каждого канала измерения показания значений на ПК АРМ и блоке газоанализатора совпадают.

**Примечание** – Периодическая поверка метрологических характеристик газоанализатора производится согласно МП, поставляемой в комплекте с газоанализатором.

Инв. № подл.	Подпись и дата
Взам. инв. №	Инв. № дубл.
Подпись и дата	Подпись и дата

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	<b>ТУКЛ.425200.001 МП</b>	Лист
						27

## 7.6 Контроль идентификационных данных программного обеспечения

7.6.1 Проверка идентификационных данных применяемого в подсистемах ПО производится вычислением контрольной суммы по алгоритму MD5.

**Примечание** – Для автоматического вычисления идентификатора рекомендуется использовать утилиту «ftweak-hash.exe» (доступна в Интернете по адресу <http://www.febooti.com/downloads/ftweak-hash.exe>). После ее установки на компьютере для выделенного курсором файла в контекстном меню (вызываемом нажатием правой кнопки мыши) выбираем пункт «Свойства» – появится окно с вкладкой «Hash/CRC», рисунок 7.7.

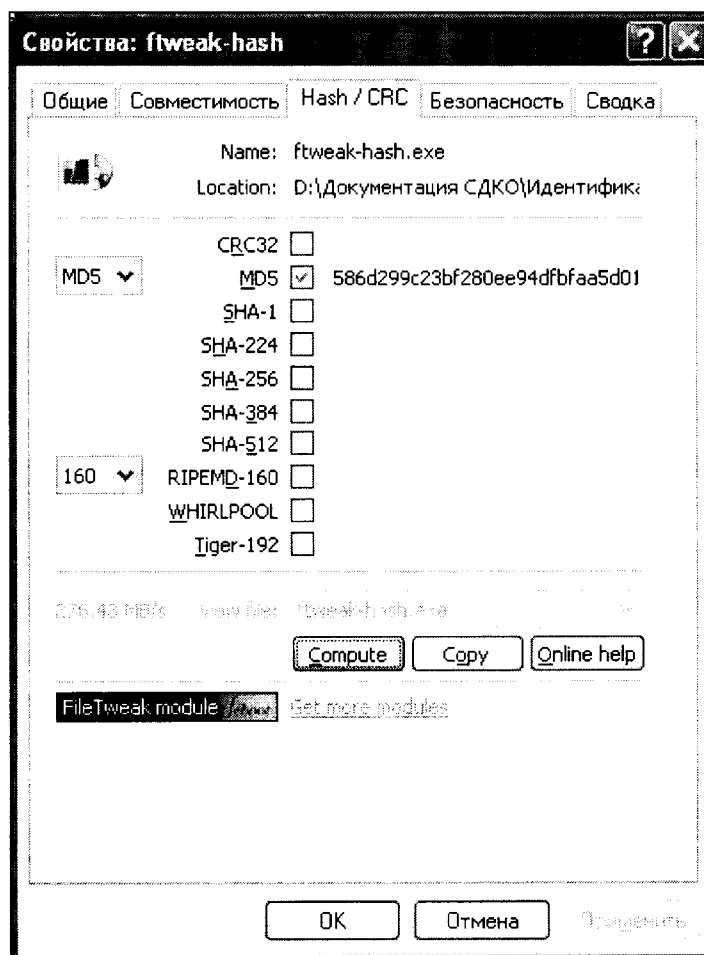


Рисунок 7.7 – Окно «Свойства» с открытой вкладкой «Hash/CRC» для файла

В окне на вкладке «Hash/CRC» убираем все галки, кроме поля MD5. Когда появится значение кода (хэш) возле галки, сверяем его с указанными значениями в сертификате для конкретного ПО.

7.6.2 Проверяются идентификационные данные ПО путем контроля запускающего файла для применяемых в подсистемах программ, указанных в РЭ.

7.6.3 Результат испытаний считать положительным, если для используемого в каждой подсистеме ПО идентификационные данные совпадают с указанными в РЭ.

Инв. № подл.	Подпись и дата
Взам. инв. №	Инв. № дубл.
Подпись и дата	
Инв. № подл.	

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата
------	------	----------	---------	------

## 8 ОФОРМЛЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ПОВЕРКИ

8.1 Результаты поверки оформляются протоколом по форме, установленной метрологической службой, проводящей поверку (пример формы протокола приведен в Приложении Д).

8.2 Положительные результаты поверки (калибровки) оформляются записью в формуляре на систему с нанесением оттиска поверительного клейма.

8.3 При положительном результате периодической поверки (калибровки) выдается свидетельство о поверке.

8.4 При отрицательных результатах поверки (калибровки) система к эксплуатации не допускается и выдается извещение о непригодности ее к применению.

Инв. № подл.	Подпись и дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подпись и дата						Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	ТУКЛ.425200.001 МП					29

**ПРИЛОЖЕНИЕ А (справочное)**  
**Ссылочные нормативные документы**

Обозначение	Наименование
ГОСТ 12.2.007.0-75	Система стандартов безопасности труда Изделия электротехнические. Общие требования безопасности
ГОСТ 12.3.019-80	Система стандартов безопасности труда. Испытания и измерения электрические. Общие требования безопасности
ГОСТ 22261-94	Средства измерений электрических и магнитных величин. Общие технические условия
ГОСТ Р 51723-2001	Спирт этиловый пищевой 95 %-ный. Технические условия
ГОСТ Р 52931-2008	Приборы контроля и регулирования технологических процессов. Общие технические условия
ПУЭ	Правила устройства электроустановок, издание 7-е, 2001 г.
ПР 50.2.006-94	ГСИ. Поверка средств измерений. Организация и порядок проведения
ПР 50.2.012-94	ГСИ. Порядок аттестации поверителей средств измерений
МИ 2070-90	Государственная поверочная схема средств измерений виброперемещения, виброскорости и виброускорения в диапазоне частот $3 \cdot 10^{-1} - 2 \cdot 10^4$ Гц
РД 50-453-84	Методические указания. Характеристики погрешности средств измерений в реальных условиях эксплуатации. Методы расчета
ТУКЛ.425200.001 ФО	Система автоматизированного диагностического обслуживания АСДО. Формуляр
ТУКЛ.425200.001 РЭ	Система автоматизированного диагностического обслуживания АСДО. Руководство по эксплуатации

Инв. № подл.	Подпись и дата
Взам. инв. №	Инв. № дубл.
Подпись и дата	Подпись и дата

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	<b>ТУКЛ.425200.001 МП</b>	Лист
						30

## ПРИЛОЖЕНИЕ Б (справочное)

### Вариант приспособления для крепления токовихревых датчиков

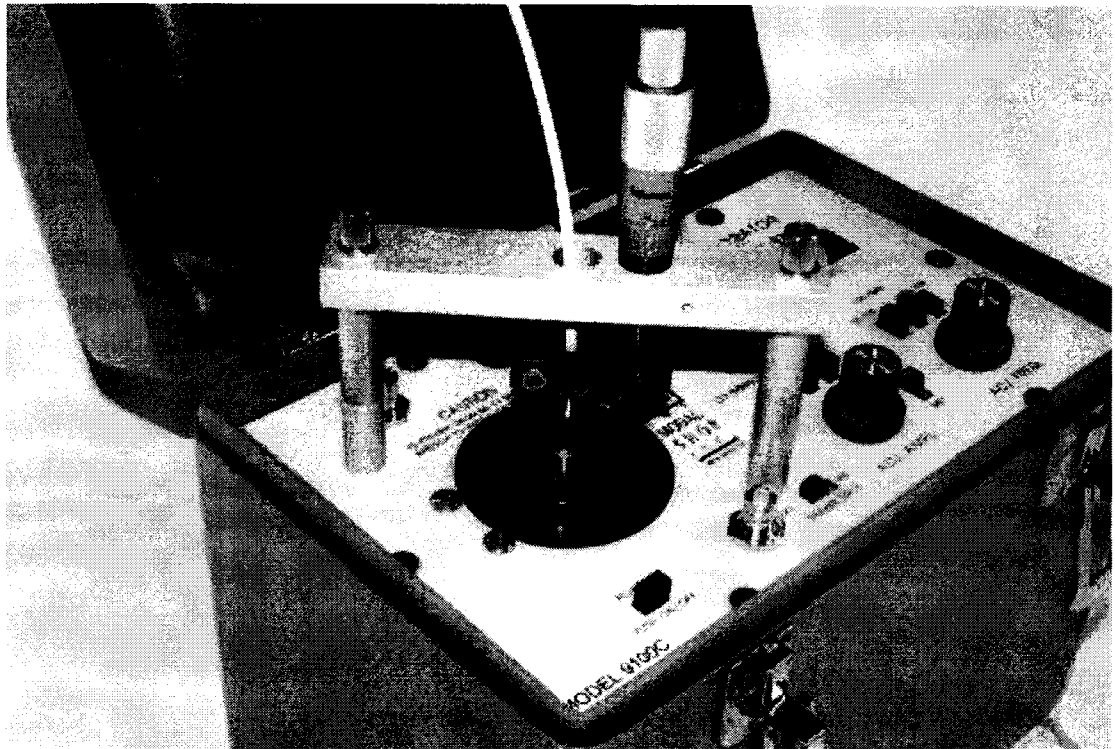


Рисунок Б.1 – Кронштейн для закрепления датчика над рабочим столом вибростенда в установке поверочной вибрационной модели 9100С

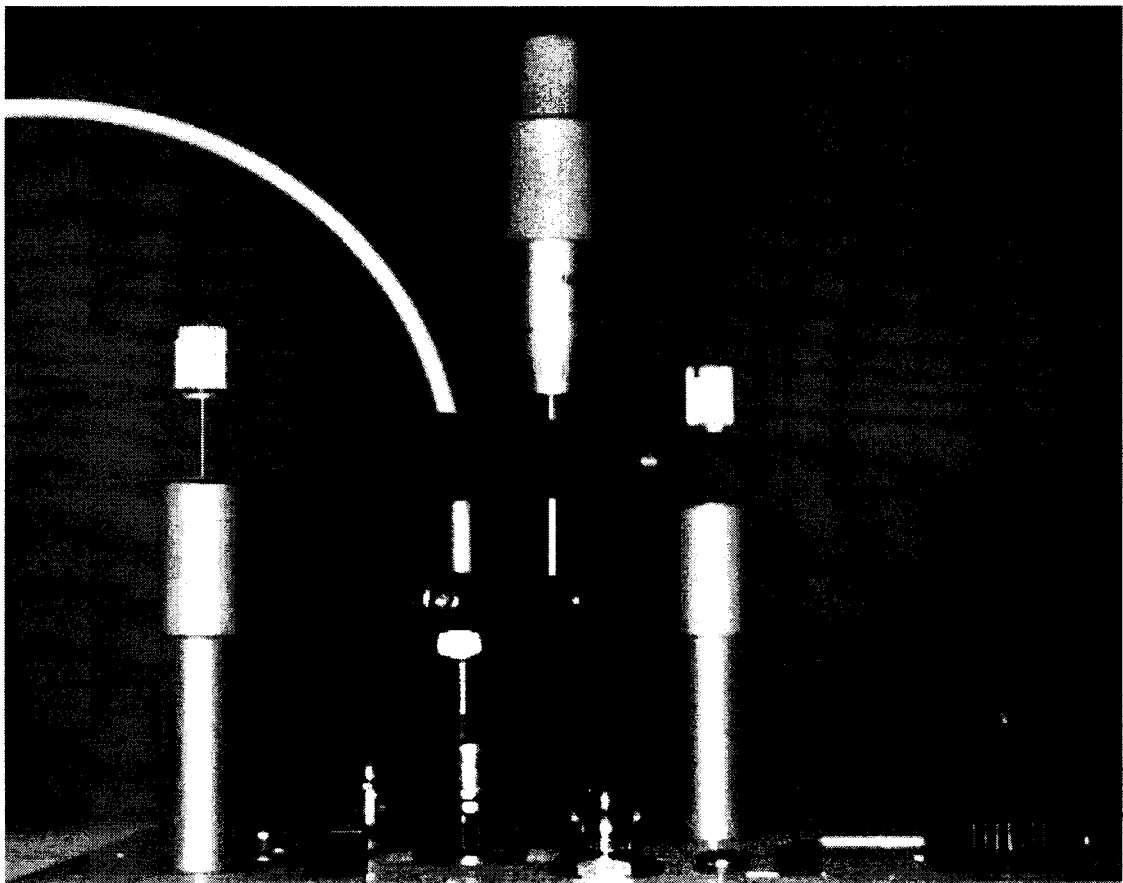


Рисунок Б.2 – Вид юстировочного устройства с закрепленным датчиком

Инв. № подл.	
Подпись и дата	
Взам. инв. №	
Инв. № дубл.	
Подпись и дата	

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

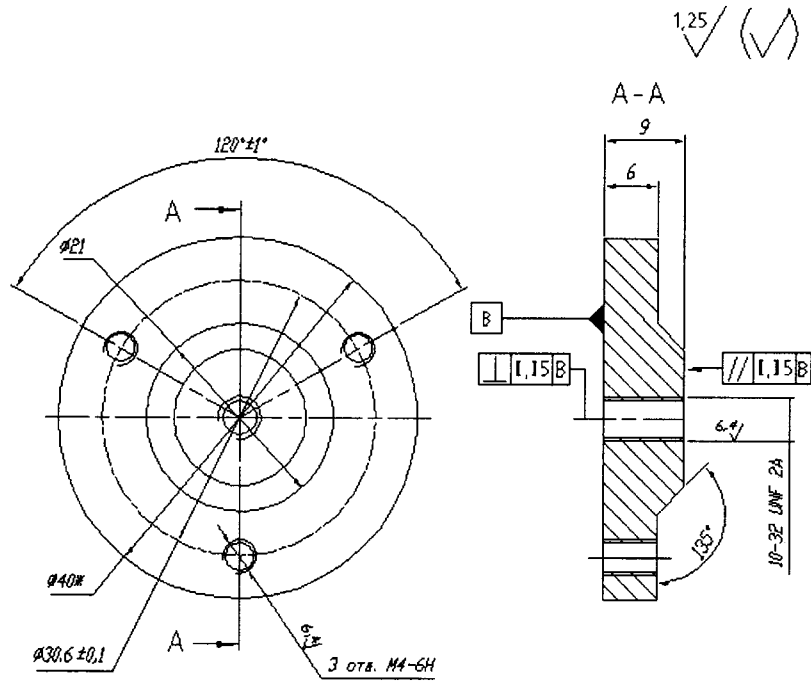
ТУКЛ.425200.001 МП

Лист

31

# ПРИЛОЖЕНИЕ В (справочное)

## Вспомогательные приспособления для поверки



1. Размер для справок.
2. Материал: пруток ВТ 3-1 40 ГОСТ 26492-85.
3. Остальные ТТ по ОСТ 410.070.014.

Рисунок В.1 – Приспособление для поверки каналов измерения СКЗ виброскорости

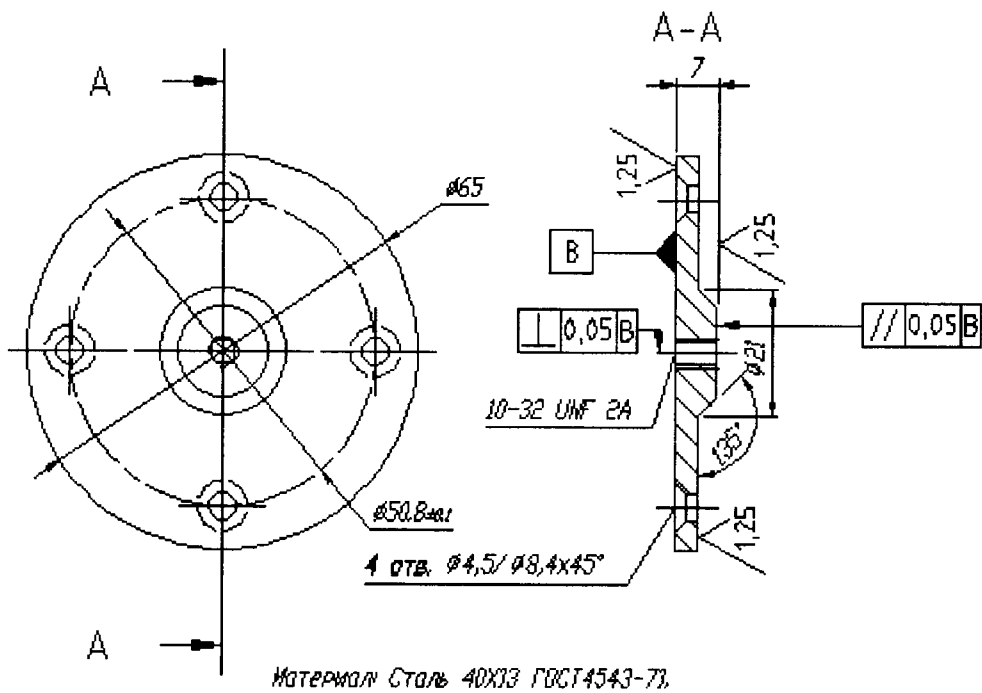


Рисунок В.2 – Приспособление для поверки каналов измерения СКЗ и Пик-пик виброперемещения

Подпись и дата	
Инв. № дубл.	
Взам. инв. №	
Подпись и дата	
Инв. № подл.	

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата



Продолжение приложения В

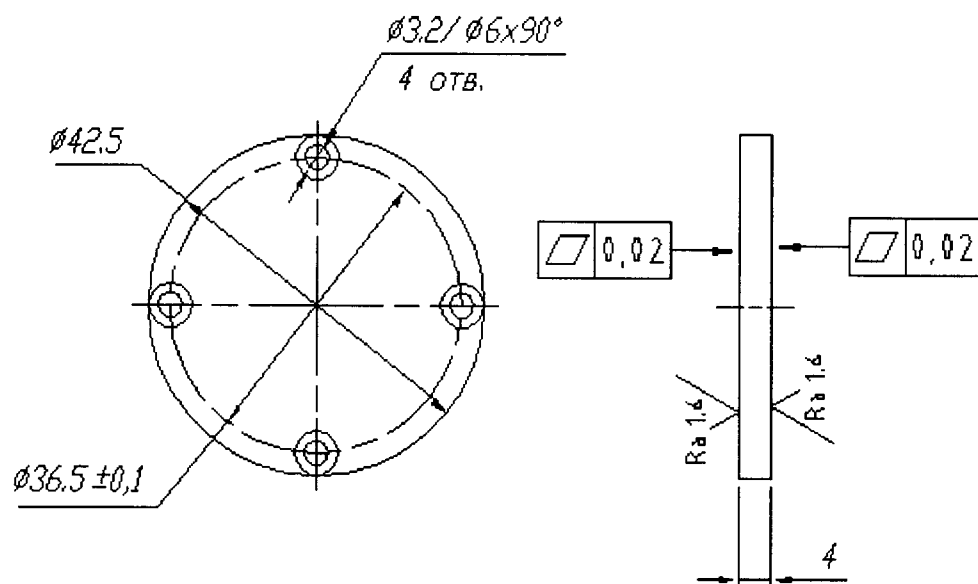


Рисунок В.3 – Конструкция образца металла для установки в юстировочное устройство

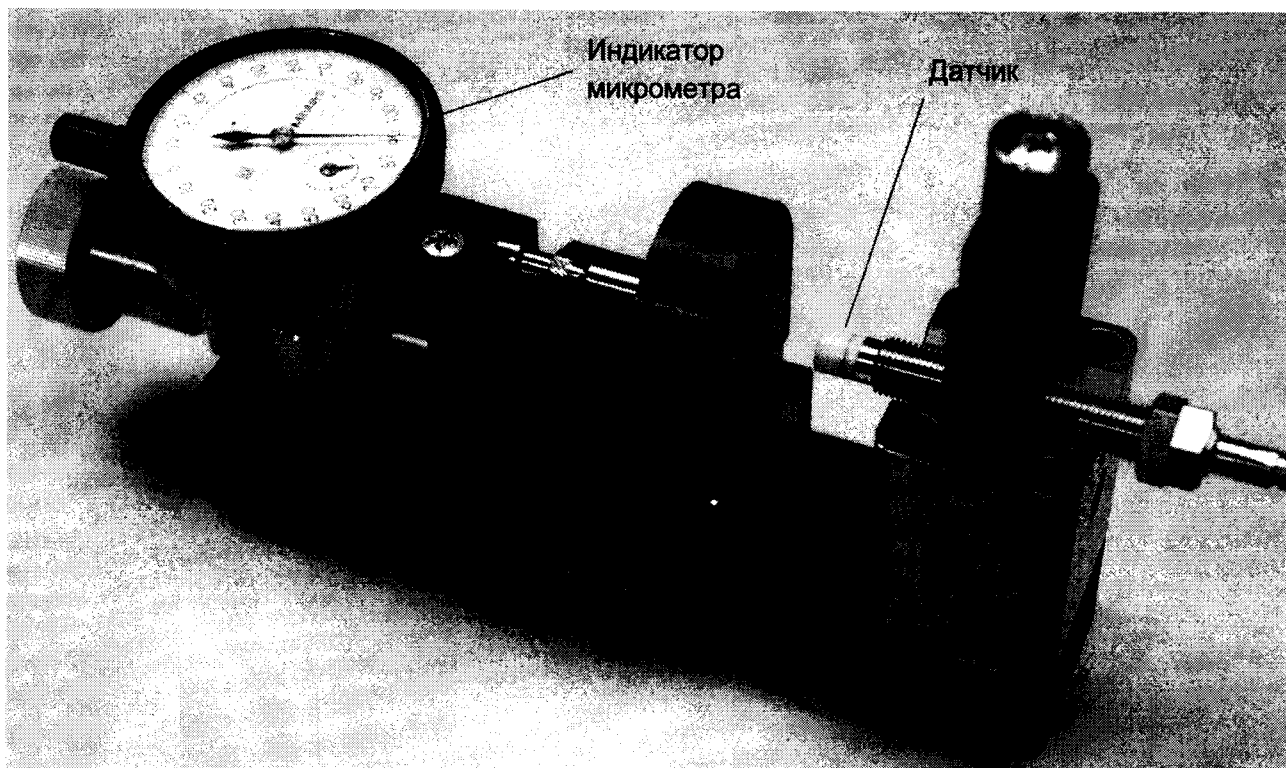


Рисунок В.4 – Вид поверочного стенда УПД с закрепленным датчиком (для поверки преобразователей вихретоковых в статическом режиме)

Инд. № подл.	Подпись и дата
Взам. инв. №	Инд. № дубл.
Подпись и дата	Подпись и дата

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	ТУКЛ.425200.001 МП	Лист
						33

# ПРИЛОЖЕНИЕ Г (справочное)

## Образец протокола поверки

ПРОТОКОЛ ПОВЕРКИ № \_\_\_\_\_

Поверка измерительных каналов АСДО

серийный № \_\_\_\_\_

принадлежащей \_\_\_\_\_

Дата поверки «\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

### 1 Основные сведения о поверяемом средстве измерений

Изделие изготовлено в соответствии с ТУ 4252-001-76063517-2013 и комплектом конструкторской документации.

Изготовитель: ООО «Турбоконтроль», дата изготовления: \_\_\_\_\_

### 2 Используемые при поверке документы:

- формуляр ТУКЛ.425200.001 ФО;
- методика поверки ТУКЛ.425200.001 МП;
- руководство по эксплуатации ТУКЛ.425200.001 РЭ.

### 3 Условия проведения поверки:

- температура окружающего воздуха, °С: \_\_\_\_\_;
- относительная влажность воздуха, %: \_\_\_\_\_;
- атмосферное давление, кПА: не регламентируется;
- напряжение питания промышленной сети, В: \_\_\_\_\_;
- частота переменного напряжения промышленной сети, Гц: 50;
- уровень внешних электрических и магнитных полей, а также действие вибрации в месте установки измерителя находится в пределах норм, установленных в нормативной документации на компоненты.

### 4 При поверке использовались следующие средства:

- Мегаомметр М4100/3, серийный № \_\_\_\_\_.
- Генератор низкочастотный \_\_\_\_\_, серийный № \_\_\_\_\_.
- Калибратор CA51 YOKOGAWA, серийный № \_\_\_\_\_.
- Установка поверочная вибрационная, модель 9100С, серийный № \_\_\_\_\_.
- Механизм юстировочный типа ИАЧ 033.013, серийный № \_\_\_\_\_.
- Головка микрометрическая Etalon 266, серийный № \_\_\_\_\_.
- Магазин сопротивлений Р4831, серийный № \_\_\_\_\_.
- Стенд для проверки датчиков СДД, серийный № \_\_\_\_\_.
- Измеритель для считывания значений с датчика СДД, серийный № \_\_\_\_\_.
- Термометр типа \_\_\_\_\_, серийный № \_\_\_\_\_.
- Поверочная газовая смесь (ПГС), заказ 6351/3 (СО+СО<sub>2</sub>+О<sub>2</sub>+N<sub>2</sub>), баллон № \_\_\_\_\_.

Инд. № докл.	Подпись и дата
Взам. инв. №	Подпись и дата
Инд. № подл.	Подпись и дата

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	ТУКЛ.425200.001 МП	Лист
						34

## 5 Результаты первичной (периодической) поверки

5.1 Дефекты, установленные при внешнем осмотре (методика испытаний п. 7.1 МП):

\_\_\_\_\_

5.2 Результаты проверки электрического сопротивления изоляции: требованиям эксплуатационной документации (методика испытаний п. 7.2 МП):

\_\_\_\_\_ (соответствует / не соответствует)

5.3 Результаты проверки функционирования системы (методика испытаний п. 7.3 МП):

\_\_\_\_\_ (соответствует / не соответствует)

5.4 Результаты определения основных метрологических характеристик представлены в таблице 1 (методики испытаний п. 7.4 МП).

Таблица 1 – Технические характеристики системы

Наименование характеристики	Значение	
	по РЭ	фактически
<b>Каналы измерения вибрации</b>		
Количество каналов измерения: – относительной вибрации (согласно формуляру на систему) – абсолютной вибрации (согласно формуляру на систему)	до 16 до 16	
Диапазон измерения частоты вибрации, Гц	10–1000	
Основная приведенная погрешность измерения СКЗ виброскорости, %, не более	±10	
Неравномерность АЧХ относительно базовой частоты 80 Гц при измерении СКЗ виброскорости, %, не более	±10	
Основная приведенная погрешность измерения СКЗ и размаха (Пик-пик) виброперемещения, %, не более	±12	
Неравномерность АЧХ относительно базовой частоты 45 Гц при измерении СКЗ и размаха (Пик-пик) виброперемещения, %, не более	±10	
<b>Каналы измерения осевого сдвига</b>		
Количество каналов измерения осевого сдвига (согласно ФО)	до 16	
Диапазон измерения осевого сдвига, мм	от 0,25 до 2,5	
Основная приведенная погрешность измерения осевого сдвига, %, не более	±7	
<b>Каналы измерения числа оборотов</b>		
Количество каналов измерения (согласно ФО)	до 4	
Диапазон измерения числа оборотов, об/мин	от 150 до 15000	
Пределы допускаемой основной относительной погрешности измерения частоты вращения, %	±0,1	
<b>Каналы измерения крутящего момента</b>		
Количество каналов измерения крутящего момента	1	
Основная погрешность измерения, не более: – для диапазона от _____ до _____ кН·м – % – для диапазона от _____ до _____ кН·м – %	±1,0 ±1,0	
<b>Каналы измерения деформации и температуры</b>		
Количество каналов измерения деформации и температуры (согласно ФО)	до 31	
Основная приведенная погрешность измерения деформации, %, не более	2	
Основная абсолютная погрешность измерения температуры, °С, не более	±3	

Подпись и дата	
Инв. № дубл.	
Взам. инв. №	
Подпись и дата	
Инв. № подл.	

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата
------	------	----------	---------	------

ТУКЛ.425200.001 МП

Лист

35

5.5 Результаты проверки газоаналитических каналов (методика испытаний п. 7.5 МП):

\_\_\_\_\_ .  
(соответствует / не соответствует)

5.6 Результаты идентификационных данных ПО (методика испытаний п. 7.6 МП):

\_\_\_\_\_ .  
(соответствует / не соответствует)

Результат поверки \_\_\_\_\_  
(годен / не годен)

Поверитель \_\_\_\_\_  
(подпись) \_\_\_\_\_ (расшифровка подписи)

Инв. № подл.	Подпись и дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подпись и дата	ТУКЛ.425200.001 МП					Лист
					Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	36

