

1187

Приложение А к РЭ

УТВЕРЖДАЮ  
 Заместитель руководителя ГИИ СИ  
 «ВНИИМ им. Д.М. Менделеева»  
 В.С. Александров



« 5 » 2006 г.



СОГЛАСОВАНО  
 Начальник БЦИ СИ «Воентест»  
 32 ГИИИ МО РФ  
 А.Ю.Кузин

« 5 » 2006 г.

СОГЛАСОВАНО  
 Начальник 2696 ВПМО  
 И.Ю. Божанов

« 5 » 2006 г.

ИЗМЕРИТЕЛЬНО-ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫЙ КОМПЛЕКС УГЛОИЗМЕРИТЕЛЬНЫЙ  
УППУ-1

МЕТОДИКА ПОВЕРКИ  
УППУ-1 МП

Санкт-Петербург  
2005

## СОДЕРЖАНИЕ

Лист

<b>1. ВВЕДЕНИЕ .....</b>	<b>3</b>
<b>2. ОПЕРАЦИИ ПОВЕРКИ.....</b>	<b>3</b>
<b>3. СРЕДСТВА ПОВЕРКИ .....</b>	<b>3</b>
<b>4. УСЛОВИЯ ПОВЕРКИ .....</b>	<b>4</b>
<b>5. ПРОВЕДЕНИЕ ПОВЕРКИ.....</b>	<b>4</b>
5.1. Проверка внешнего вида.....	4
5.2. Проверка комплектности.....	4
5.3. Опробование .....	4
5.4 Проверка диапазона угловых скоростей ротора комплекса.....	4
5.5. Проверка диапазона угловых ускорений ротора комплекса.....	5
5.6. Проверка разрешающей способности. ....	6
5.7. Проверка СКО суммы случайных и неслучайных систематических составляющих погрешностей.....	7
5.8. Проверка диапазона измерений. ....	9
<b>6. ОФОРМЛЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ПОВЕРКИ .....</b>	<b>9</b>

## 1. ВВЕДЕНИЕ

Настоящая методика поверки распространяется на измерительно-вычислительный комплекс углоизмерительный УППУ-1 (ЭУ 00.000, далее – комплекс), предназначенный для автоматизированного контроля высокоразрядных (от 18 до 24 разрядов) цифровых преобразователей угла (ЦПУ) для перспективных объектов ВВТ межвидового назначения.

## 2. ОПЕРАЦИИ ПОВЕРКИ

При проведении поверки должны выполняться операции, указанные в табл. 2.1.

Таблица 2.1

№№ п/п	Наименование операции	Номер пункта МП	Обязательность проведения операции при поверке	
			первичной	периоди- ческой
1	2	3	4	5
1	Проверка внешнего вида	5.1	да	да
2	Проверка комплектности	5.2	да	нет
3	Опробование	5.3	да	да
4	Проверка диапазона угловых скоростей ротора комплекса	5.4	да	нет
5	Проверка диапазона угловых ускорений ротора комплекса	5.5	да	да
6	Проверка разрешающей способности	5.6	да	да
7	Проверка СКО суммы случайных и неисклученных систематических составляющих погрешностей	5.7	да	да
8	Проверка диапазона измерений угловых перемещений	5.8	да	да

## 3. СРЕДСТВА ПОВЕРКИ

При проведении поверки должны применяться средства измерений, указанные в табл. 3.1, имеющие свидетельства с неистекшим сроком действия.

Таблица 3.1

Наименование средства измерений и оборудования	Основные метрологические и технические характеристики
1. Установка НЦ-3 из состава ГПЭ единиц линейного ускорения и плоского угла при угловом перемещении твердого тела по ГОСТ 8.577-2002	Диапазон угла 0 -360 °; неисклученная систематическая погрешность $\Theta=0,05''$ , СКО случайной погрешности $S=0,04''$ при 30 измерениях
2. Частотомер электронно-счетный ЧЗ-64, РСИ по ГОСТ 8.129-99	Диапазон частот до 20 МГц; относительная погрешность $\delta_0=10^{-7}$
3. Призма 8-гранная, РСИ по ГОСТ 8.129-99	Класс точности 1, $\Delta=1''$ (используется в качестве компаратора)

Допускается применение других средств поверки, обеспечивающих требуемую точность измерений, со свидетельствами о поверке с неистекшим сроком действия.

## 4. УСЛОВИЯ ПОВЕРКИ

При проведении поверки должны быть соблюдены следующие условия:

-температура окружающего воздуха, °С	20±2
-относительная влажность воздуха при указанной температуре, %	60 – 90
-атмосферное давление, кПа	84 -106,7

## 5. ПРОВЕДЕНИЕ ПОВЕРКИ

### 5.1. Проверка внешнего вида

При проведении внешнего осмотра должно быть установлено:

- отсутствие видимых внешних повреждений деталей и механизмов комплекса;
- наличие маркировки.

### 5.2. Проверка комплектности

При проверке комплектности должно быть установлено ее соответствие приведенной в эксплуатационной документации на комплекс.

### 5.3. Опробование

При проведении опробования должна быть установлена работоспособность комплекса.

Подготовить ИВК к работе в соответствии с руководством по его эксплуатации.

Включить подачу сжатого воздуха и установить на пневмопульте ИВК рабочее давление 4,5 атм. Включить персональный компьютер, блок управления и блок электроники ИВК.

Запустить программу IVK.exe. Нажать кнопку «Пуск» на блоке управления и убедиться, что ротор комплекса вращается. Нажать кнопку «Пуск КЛ» на блоке электроники и убедиться, что стрелка вольтметра установилась в среднее положение, светодиод «КЛ» мигает. Нажать кнопку «Поджиг КЛ» на блоке электроники и убедиться, что светодиод «КЛ» горит непрерывно. Если светодиод «КЛ» продолжает мигать, повторно нажать кнопку «Поджиг КЛ».

Используя программу IVK.exe, задать режим измерения.

Опробование считается успешным, если после окончания измерения результаты сохранены в заданном файле данных.

Нажать кнопку «Стоп» на блоке управления, выключить блоки управления и электроники, выйти из программы “IVK.exe” и выключить компьютер. Отключить подачу сжатого воздуха в.

### 5.4 Проверка диапазона угловых скоростей ротора комплекса

5.4.1. Подготовить ИВК к работе в соответствии с руководством по его эксплуатации.

Подключить выход одиночной метки входящего в состав ИВК голографического преобразователя ПКГ-105М к входу частотомера. Включить частотомер в режиме измерения периода.

5.4.2. В соответствии с руководством по эксплуатации ИВК задать номинальное значение скорости вращения ротора 30 °/с. Провести измерения 20 периодов выходного сигнала голографического преобразователя  $T_i$  ( $i=1..20$ ).

Рассчитать фактическое значение угловой скорости ротора  $W_{\phi 1}$  по формуле:

$W_{\phi 1} = 360/T$ , где  $T = \sum T_i / 20$  - среднее значение периода, полученное по результатам измерений.

Полученное значение  $W_{\phi 1}$  занести в табл. 5.1.

5.4.3. Повторить операции по п. 5.4.2 для номинальных значений угловой скорости  $W_H$ , представленных в табл. 5.1.

5.4.4. В соответствии с руководством по эксплуатации ИВК провести реверсирование угловой скорости ротора установки. Повторить операции по п.п. 5.4.2, 5.4.3. Рассчитать фактические значения угловой скорости ротора  $W_{\Phi 2} = 360/T$ , где  $T = \sum T_i / 20$  занести в табл. 5.1.

5.4.5. По данным табл. 5.1 рассчитать относительные отклонения фактических значений угловой скорости ротора от номинальных:

$$\Delta_{W1} = |(W_{\Phi 1} - W_H) / W_H| \cdot 100 \%;$$

$$\Delta_{W2} = |(W_{\Phi 2} - W_H) / W_H| \cdot 100 \%.$$

Таблица 5.1.

№№	$W_H, \text{°/с}$	$W_{\Phi 1}, \text{°/с}$	$W_{\Phi 2}, \text{°/с}$	$\Delta_{W1}, \%$	$\Delta_{W2}, \%$
1	30				
2	70				
3	180				
4	360				
5	720				

Проверка считается успешной, если обеспечивается задание минимального значения угловой скорости не более 30 °/с, максимального – не менее 720 °/с, а  $\Delta_{W1}$  и  $\Delta_{W2}$  не превышают 10 %.

### 5.5. Проверка диапазона угловых ускорений ротора комплекса.

5.5.1. В соответствии с руководством по эксплуатации ИВК подготовить к работе входящий в его состав интерференционный нуль-индикатор и установить на вращающуюся платформу ИВК 8-гранную призму-компаратор.

5.5.2. В соответствии с руководством по эксплуатации ИВК задать движение ротора комплекса с нулевым ускорением при постоянной скорости 360 °/с .

Провести измерения периодов  $T_i$  выходного сигнала голографического преобразователя через каждые 45 градусов в течение одного периода вращения ротора комплекса ( $T=1$  с). Для этого использовать в качестве запускающего сигнала импульсы интерференционного нуль-индикатора, соответствующие прохождению каждой грани призмы.

Для каждой пары угловых интервалов, задаваемых смежными углами призмы, рассчитать значения углового ускорения по формуле:

$$\varepsilon_i = 90 / [(T_i - T_{i-1})(T_{i+1} - T_{i-1}) - (T_{i+1} - T_i)(T_{i+1} - T_i)], \quad i=1,2,\dots,8.$$

Для подтверждения нижней границы диапазона угловых ускорений  $\varepsilon_{\min}=0$  максимальное абсолютное значение  $|\varepsilon_i|$  не должно превышать 2 град/с<sup>2</sup>.

5.5.3. В соответствии с руководством по эксплуатации ИВК задать движение ротора ИВК со скоростью, изменяющейся по гармоническому закону. Задать амплитуду изменения скорости 345 град/с и среднее значение 375 °/с (соответствует пределам изменения от 30 до 720 °/с) Задать частоту изменения скорости 0,01 Гц (с соответствует пределам изменения углового ускорения от -20 до 20 град/с<sup>2</sup>).

Провести измерения периодов  $T_i$  выходного сигнала голографического преобразователя через каждые 45 градусов в течение времени одного периода  $T_0$  изменения скорости ротора установки ( $T_0 = 100$  с). Для этого использовать в качестве запускающего сигнала импульсы интерференционного нуль-индикатора, соответствующие прохождению каждой грани призмы.

Для каждого из угловых интервалов, задаваемых углами призмы рассчитать значения текущей угловой скорости по формуле:

$$W_i = 45 / (T_{i+1} - T_i).$$

Результаты измерения  $T_i$  и рассчитанные значения  $W_i$  занести в таблицу 5.2.

Таблица 5.2.

I	$T_i, c$	$W_i, \%/c$
1		
2		
N		

Используя полученный временной ряд  $W_i(T_i)$  рассчитать амплитуду изменения угловой скорости по формуле:

$$W_1 = \Phi_1 \{W_i(T_i)\} / \cos \varphi,$$

где  $\Phi_1 \{W_i(T_i)\}$  – амплитуда первой гармоники спектра Фурье,  $\varphi$  - угол между гранями призмы ( $\varphi = 45^\circ$ ).

Рассчитать максимальное угловое ускорение ротора комплекса по формуле:

$$\varepsilon_{\max} = 2 \cdot \pi \cdot W_1 / T_0.$$

Для подтверждения верхней границы диапазона угловых ускорений ( $20 \text{ }^\circ/c^2$ ) должно выполняться условие:

$$|\varepsilon_{\max} - 20| < 2 \text{ }^\circ/c^2.$$

Проверка считается успешной, если обеспечивается задание минимального значения углового ускорения  $0 \text{ }^\circ/c^2$ , максимального –  $20 \text{ }^\circ/c^2$ , а отклонения от этих значений не превышают  $2 \text{ }^\circ/c^2$ .

## 5.6. Проверка разрешающей способности.

5.6.1. Подготовить комплекс к работе в соответствии с руководством по его эксплуатации.

Подключить выход "НМ" одиночной метки входящего в состав ИВК голографического преобразователя ПКГ-105М к входу "В" частотомера, а выход "ОДУ" последовательности к входу "А". Включить частотомер в режиме измерения отношения частот.

5.6.2. В соответствии с руководством по эксплуатации ИВК задать номинальное значение скорости вращения ротора  $30^\circ/c$ .

5.6.3. Провести с помощью частотомера измерения числа периодов  $K_{1j}$  выходного сигнала преобразователя ПКГ-105М, соответствующего одному обороту. Рассчитать по 20 оборотам среднее значение  $K_1$  по формуле:

$$K_1 = \sum K_{1j} / 20$$

и занести результат в табл. 5.3.

5.6.3. Провести с помощью ИВК измерения количества периодов  $K_{2i}$  интерполирующего сигнала, соответствующего одному периоду сигнала преобразователя ПКГ-105М. Рассчитать по 20 оборотам среднее значение  $K_2$  по формуле:

$$K_2 = \sum K_{2i} / (20 \cdot K_1)$$

и занести результат в табл. 5.3.

Используя полученные результаты, рассчитать разрешающую способность комплекса D, с учетом равномерного распределения вероятности нахождения каждой из границ измеряемого угла в пределах шага интерполяции по формуле:

$$D = 1296000 / (K_1 \cdot K_2 \cdot \sqrt{6}).$$

Полученные результаты занести в табл. 5.3.

Таблица 5.3.

№№	$W_H, \%/c$	$K_1$	$K_2$	D, "
1	30			
2	70			
3	180			
4	360			
5	720			

5.6.3. Повторить операции по п. 5.6.2 – 5.6.4 для номинальных значений угловой скорости 70; 180; 270; 360 и 720 °/с.

Результаты проверки положительны, если:

- в статическом режиме разрешающая способность не более 0,05 ";
- в динамическом режиме разрешающая способность не более 0,03 ".

## 5.7. Проверка СКО суммы случайных и неисключенных систематических составляющих погрешностей.

### 5.7.1. Определение систематической и случайной составляющей погрешности на базовой скорости.

5.7.1.1. Установить входящий в состав комплекса кольцевой лазер ГЛ-1 на эталонную установку НЦ-3 (из состава ГПЭ единиц линейного ускорения и плоского угла при угловом перемещении твердого тела по ГОСТ 8.577-2002).

5.7.1.2. В соответствии с руководством по эксплуатации установки НЦ-3 и методикой Хд1. 456.336МИ провести исследования ГПЭ плоского угла при использовании вместо штатного кольцевого лазера лазер из состава комплекса УППУ-1.

При измерениях использовать выходной сигнал кольцевого лазера в качестве заполняющего для измерения углов между импульсами оптического датчика угла эталонной установки, прошедшими делитель частоты при коэффициенте деления 900 (соответствует измерению за один оборот 360 угловых интервалов с номинальным значением 1 °). Измерения провести при 6 положениях кольцевого лазера относительно оптического датчика угла, отличающихся друг от друга на 60 градусов. Для каждого из положений провести измерения при 30 оборотах установки. По результатам обработки полученных массивов данных с использованием измерительной программы установки НЦ-3 получить и занести в протокол значения систематической  $\Theta_{\Sigma}'$  и случайной  $S_{\Sigma}'$  составляющих погрешности для измеряемого угла от 0 до 360 °. Полученные значения не должны превышать паспортные значения метрологических характеристик эталона  $\Theta_{\Sigma}$  и  $S_{\Sigma}$ .

5.7.1.3. Установить кольцевой лазер ГЛ-1 в штатное положение на комплексе УППУ-1 и на базовой угловой скорости 360 °/с повторить измерения по п. 5.7.1.2. Полученные значения систематической составляющей погрешности  $\Theta$  и случайной составляющей погрешности  $S$  занести в протокол.

### 5.7.2. Определение систематической составляющей погрешности, обусловленной влиянием угловой скорости.

5.7.2.1. В соответствии с руководством по эксплуатации ИВК подготовить к работе входящий в его состав интерференционный нуль-индикатор и установить на вращающуюся платформу ИВК 8-гранную призму-компаратор.

5.7.2.2. Используя измерительную программу ИВК, при 30 оборотах ротора установки провести измерения углов  $\varphi(w)$  образованных гранями призмы на скорости 360 °/с. Результаты занести в таблицу 5.4.

5.7.2.3. Повторить операции по п. 5.7.2.2 на скоростях, значения которых представлены в табл. 5.4.

5.7.2.4. Вычислить отклонения измеренных углов многогранной призмы:

$$\Delta_i(w_j) = \varphi_i(w_j) - \varphi_i(360),$$

$$\text{где } i = 45, 90, 135, 180, 225, 270, 315 \text{ и } 360 \text{ °; } w_j = 30, 70, 180 \text{ и } 720 \text{ °/с.}$$

Результаты занести в таблицу 5.4.

5.7.2.5. По данным таблицы 5.4 по методу наименьших квадратов рассчитать коэффициент  $B$  линейной зависимости  $\Delta(w) = A + B \cdot w$  полученных отклонений от скорости.

Используя полученное значение  $B$ , рассчитать значения погрешности  $\Theta_{w1}$  и  $\Theta_{w2}$  для режимов работы ЦПУ в соответствии с ГОСТ РВ 52015-2003: статического (30-70 °/с) и динамического (70-720 °/с) по формулам:

$$\Theta_{w1} = B \cdot 330;$$

$$\Theta_{w2} = B \cdot 360.$$

Таблица 5.4

$\varphi_n, ^\circ$	$W, \text{ }^\circ/\text{с}$				
	30	70	180	360	720
45					
90					
135					
180					
225					
270					
315					
360					

### 5.7.3. Определение систематической составляющей погрешности, обусловленной влиянием углового ускорения.

5.7.3.1. В соответствии с руководством по эксплуатации ИВК подготовить к работе входящий в его состав интерференционный нуль-индикатор и установить на вращающуюся платформу ИВК 8-гранную призму-компаратор.

5.7.2.2. Используя измерительную программу ИВК, при 25 оборотах установки провести измерения углов многогранной призмы  $\varphi(w)$  при значениях углового ускорения, представленных в табл. 5.8.3.

5.7.2.3. Вычислить отклонения измеренных углов многогранной призмы:

$$\Delta_i(\varepsilon_j) = \varphi_i(\varepsilon_j) - \varphi_i(0),$$

где  $i = 45, 90, 135, 180, 225, 270, 315$  и  $360$   $^\circ$ ;

$$\varepsilon_j = 5, 10, 15 \text{ и } 20 \text{ }^\circ/\text{с}^2.$$

В качестве результатов измерений с угловым ускорением равным  $0 \text{ град}/\text{с}^2$  использовать данные, полученные в п. 5.7.2 для угловой скорости ротора установки  $360 \text{ град}/\text{с}$ .

Результаты занести в таблицу 5.5.

5.7.2.4. По данным таблицы 5.5 по методу наименьших квадратов рассчитать коэффициент  $D$  линейной зависимости  $\Delta(\varepsilon) = C + D \cdot \varepsilon$  полученных отклонений от ускорения.

5.7.2.5. Принять в качестве систематической составляющей погрешности  $\Theta_\varepsilon$ , обусловленной влиянием углового ускорения, максимальное изменение угла, соответствующее рабочему диапазону ускорений  $0-20 \text{ }^\circ/\text{с}^2$ :

Используя полученное значение  $D$ , рассчитать значение погрешности  $\Theta_\varepsilon$  по формуле:

$$\Theta_\varepsilon = D \cdot 20.$$

Таблица 5.5

$\varphi_n, ^\circ$	$\varepsilon, \text{ }^\circ/\text{с}^2$				
	0	5	10	15	20
45					
90					
135					
180					
225					
270					
315					
360					



#### 5.7.4. Вычисление СКО суммы случайных и неисключенных систематических составляющих погрешностей.

При суммировании составляющих погрешности должны быть учтены следующие компоненты:

- случайная погрешность ГПЭ по ГОСТ 8.577-2002, (среднеквадратическое отклонение  $S_{\vartheta}=0,02$  " при 120 измерениях);
- неисключенная систематическая погрешность ГПЭ по ГОСТ 8.577-2002 ( $\Theta_{\vartheta}=0,05$  " );
- систематическая составляющая погрешности при базовом значении угловой скорости ротора (по результатам п. 5.7.1);
- случайная погрешность при базовом значении угловой скорости ротора (по результатам п. 5.7.1);
- систематическая погрешность влияния угловой скорости (по результатам п. 5.7.2 в зависимости от режима работы ИВК);
- систематической погрешность влияния углового ускорения, (по результатам п. 5.7.3 в зависимости от режима работы ИВК).

В соответствии с ГОСТ 8.381-80 вычислить СКО суммарной погрешности ИВК для статического  $S_1$  и динамического  $S_2$  режимов ИВК по формулам:

$$S_1 = \sqrt{S_{\vartheta}^2 + \frac{\Theta_{\vartheta}^2}{3} + S^2 + \frac{\Theta^2}{3} + \frac{\Theta_{W1}^2}{3} + \frac{\Theta_{\varepsilon1}^2}{3}},$$

$$S_2 = \sqrt{S_{\vartheta}^2 + \frac{\Theta_{\vartheta}^2}{3} + S^2 + \frac{\Theta^2}{3} + \frac{\Theta_{W2}^2}{3} + \frac{\Theta_{\varepsilon2}^2}{3}},$$

Для подтверждения суммарной погрешности ИВК должны выполняться условия:

Результаты проверки положительны, если:

- в статическом режиме  $S_1 < 0,1$  " ;
- в динамическом режиме  $S_2 < 0,05$  " .

#### **5.8. Проверка диапазона измерений.**

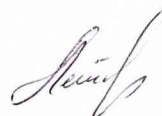
Проверку диапазона измерений проводить по результатам выполнения п. 5.7 по определению суммарной погрешности, поскольку составляющие погрешности определяются для значений угла в диапазоне от 0 до 360 градусов. Результаты проверки являются положительными, если во всем указанном диапазоне СКО суммарной погрешности не превышает указанных в п. 5.7 значений.

## **6. ОФОРМЛЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ПОВЕРКИ**

По результатам поверки, проведенной в соответствии с настоящей методикой, оформляется протокол и выдается свидетельство.

При отрицательных результатах поверки средство измерений к выпуску в обращение и к применению не допускается и на него оформляется извещение о непригодности.

Старший научный сотрудник  
ГЦИ СИ «Воентест» 32 ГНИИИ МО РФ



М.В. Летуновский