

Согласовано

Генеральный директор

АО «НПО «СПАРК»

П.Н. Рыбкин

«\_\_» \_\_\_\_\_ 2017 г.



Утверждаю

Директор

ФГУП «ВНИИМ им. Д. И. Менделеева»

К. В. Гоголинский

«\_\_» \_\_\_\_\_ 2017 г.



## УСТАНОВКИ ПОВОРОТНЫЕ МАЛОГАБАРИТНЫЕ МПУ-8

Методика поверки

СПАН.402111.009 МП

Руководитель

научно-исследовательского отдела

ФГУП «ВНИИМ им. Д. И. Менделеева»

..... А.А. Янковский

«\_\_» \_\_\_\_\_ 2017 г.

A blue ink handwritten signature of A.A. Yankovskiy, written over a dotted line.

2017 г.

## Оглавление

ВВЕДЕНИЕ .....	3
1 ОПЕРАЦИЯ ПОВЕРКИ .....	4
2 СРЕДСТВА ПОВЕРКИ .....	4
3 ТРЕБОВАНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ .....	5
4 УСЛОВИЯ ПОВЕРКИ .....	5
5 ПРОВЕДЕНИЕ ПОВЕРКИ.....	6
5.1 Внешний осмотр.....	6
5.2 Проверка комплектности и маркировки .....	6
5.3 Подтверждение соответствия программного обеспечения.....	6
5.4 Определение относительной погрешности воспроизведений угловой скорости.....	7
5.5 Проверка диапазона воспроизведений угловой скорости.....	12
5.6 Определение нестабильности угловой скорости в пределах одного оборота.....	12
5.7 Определение разности угловых скоростей при вращении по часовой и против часовой стрелки.....	12
6. ОФОРМЛЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ПОВЕРКИ .....	13
ПРИЛОЖЕНИЕ А. ....	14
ЛИСТ РЕГИСТРАЦИИ ИЗМЕНЕНИЙ.....	17

## ВВЕДЕНИЕ

1.1 Настоящая методика поверки распространяется на установки поворотные малогабаритные МПУ-8 (далее по тексту – установки) и устанавливает объём и порядок проведения поверки (первичной и периодической).

Интервал между поверками – 2 года.

1.2 Перед началом работы необходимо ознакомиться с настоящей методикой, эксплуатационной документацией на установки, средства измерения и оборудования, используемые при проведении поверки.

1.3 Методика поверки допускает проведение поверки в диапазоне угловых скоростей, заявленных потребителем, с обязательным указанием в свидетельстве о поверке информации об объёме проведённой поверки.

1.4 При положительном результате поверки рекомендуется оформлять протокол в соответствии с приложением А.

# 1 ОПЕРАЦИЯ ПОВЕРКИ

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

Таблица 1 – Операции при проведении поверки.

Наименование операции	Номер пункта методики поверки	Обязательность проведения операции при поверке	
		Первичной	Периодической
1	2	3	4
1. Внешний осмотр	5.1	Да	Да
2. Проверка комплектности и маркировки	5.2	Да	Да
3. Подтверждение соответствия программного обеспечения	5.3	Да	Да
4. Определение относительной погрешности воспроизведений угловой скорости	5.4	Да	Да <sup>1)</sup>
5. Проверка диапазона воспроизведений угловой скорости	5.5	Да	Да
6. Определение нестабильности угловой скорости в пределах одного оборота	5.6	Да	Нет
7. Определение разности угловых скоростей при вращении по часовой и против часовой стрелки	5.7	Да	Да
8. Оформление результатов поверки.	6	Да	Да

Примечание: 1) При проведении периодической поверки допускается определить относительную погрешность воспроизведений угловой скорости только для вертикальной оси вращения.

# 2 СРЕДСТВА ПОВЕРКИ

При проведении поверки должны применяться средства измерений, указанные в таблице 2, имеющие свидетельства о поверке с неистекшим сроком действия.

Таблица 2 – Перечень средств измерений.

Номер пункта МП	Наименование средства поверки и его тип	Основные метрологические характеристики
5.4, 5.5, 5.7	Фототахометр электронный «TESTO 465»	Диапазон измерений от 20 до 99999 об/мин. Допускаемая относительная погрешность $\pm 0,05\%$ (рег. № 48431-11)
5.4, 5.5, 5.7	Секундомер электронный «Интеграл С-01»	Диапазон измерений от 0 до 9 ч 59 мин. Допускаемая основная абсолютная погрешность при температуре $25 \pm 5$ °С:

Номер пункта МП	Наименование средства поверки и его тип	Основные метрологические характеристики
		$\pm (9,6 \cdot 10^{-6} \cdot T_x + 0,01)$ , где $T_x$ – значение измеренного интервала времени, с. (рег. № 44154-10)
5.4-5.7	Рабочий эталон 1 разряда единицы плоского угла при угловом перемещении твёрдого тела в диапазоне от 0 до 360°.	Диапазон измерений от 0 до 360°. Доверительная погрешность $\delta$ (при доверительной вероятности 0,95) $\pm 0,3''$
5.4-5.7	Частотомер электронно-счётный 53131А.	Диапазон измеряемых частот от 0 Гц до 250 МГц, пределы допускаемой погрешности $\pm 5 \cdot 10^{-6}$ (Рег. № 26211-03)
5.4 - 5.7	Гигрометры психрометрические ВИТ	Диапазон измерений температуры от плюс 15 до плюс 40, пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений температуры $\pm 0,2^\circ\text{C}$ , диапазон измерений относительной влажности от 40 до 90 %, пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений относительной влажности $\pm 6 \%$ (рег. № 42453-09).

Допускается применение других средств измерений, обеспечивающих определение метрологических характеристик поверяемой установки с требуемой точностью, со свидетельствами о поверке с неистекшим сроком действия.

### 3 ТРЕБОВАНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ

3.1 При поверке должны соблюдаться правила безопасности в соответствии с указаниями руководства по эксплуатации (РЭ) и эксплуатационных документов применяемых средств поверки.

3.2 К поверке допускаются лица, изучившие эксплуатационную документацию на установку и прошедшие инструктаж по технике безопасности.

### 4 УСЛОВИЯ ПОВЕРКИ

4.1 При проведении поверки должны быть соблюдены следующие условия:

- температура окружающего воздуха, °С 20±5
- относительная влажность воздуха, % 60±15

4.2 При подготовке к поверке, средства поверки и вспомогательное оборудование должны быть подготовлены в соответствии с указаниями эксплуатационной документации.

## 5 ПРОВЕДЕНИЕ ПОВЕРКИ

### 5.1 Внешний осмотр

При проведении внешнего осмотра должно быть установлено отсутствие механических повреждений на корпусе установки.

### 5.2 Проверка комплектности и маркировки

При проверке комплектности должно быть установлено её соответствие перечню, приведённому в эксплуатационной документации на установку.

При проверке маркировки должно быть установлено наличие информационной таблички на корпусе поворотного блока установки.

### 5.3 Подтверждение соответствия программного обеспечения

*Проверка встроенного программного обеспечения (ПО):*

#### 5.3.1 Подготовить установку к работе.

5.3.2 Включить установку. При помощи кнопок управления войти в главное меню и выбрать пункт «СВЕДЕНИЯ» - «ВЕРСИЯ ПО». Сравнить идентификационные данные встроенного ПО, отображённые на дисплее установки, с идентификационными данными, приведёнными в паспорте.

*Проверка автономного программного обеспечения (ПО):*

5.3.3 Нажать правой клавишей «мыши» по ярлыку программы «Управление МПУ-8» на рабочем столе персонального компьютера (после инсталляции). В открывшемся списке выбрать пункт меню «Свойства» и в раскрывшемся окне на вкладке «Ярлык» перейти по пути размещения исполняемого файла. Нажать правой клавишей «мыши» по значку исполняемого файла и выбрать в открывшемся списке пункт меню «Свойства». В открывшемся окне выбрать вкладку «Подробно» и проконтролировать версию автономного ПО. Сравнить номер версии автономного ПО, отображаемый на мониторе ПК, с приведённым в паспорте изделия.

5.3.4 Для подсчёта идентификатора автономного ПО по алгоритму MD5 запустить программу «MD5 & SHA Checksum Utility», находящуюся в папке с исполняемым файлом программы «Управление МПУ-8», нажать кнопку “browse” в открывшемся окне и выбрать проверяемый файл (исполняемый файл программы «Управление МПУ-8», см. п. 5.3.3), в результате напротив надписи «md5» в окне программы будет сгенерирован цифровой идентификатор автономного ПО. Сравнить цифровой идентификатор автономного ПО с приведённым в паспорте изделия.

Установка считается прошедшей поверку по пункту 5.3, если полученные идентификационные данные встроенного и автономного ПО (номер версии и цифровой идентификатор ПО) соответствуют идентификационным данным, приведённым в разделе 1 паспорта СПАН.402111.009 ПС.

#### 5.4 Определение относительной погрешности воспроизведений угловой скорости

5.4.1 *Определение относительной погрешности воспроизведений угловой скорости с использованием рабочего эталона 1 разряда единицы плоского угла при угловом перемещении твёрдого тела в диапазоне от 0 до 360°.*

5.4.1.1 Руководствуясь эксплуатационной документацией установки подготовить её к работе в режиме воспроизведений угловой скорости в горизонтальном положении (ось вращения направлена вертикально).

5.4.1.2 Подключить поворотный блок установки к сети переменного напряжения 220 В.

5.4.1.3 Установить рабочий эталон 1 разряда единицы плоского угла при угловом перемещении твёрдого тела в диапазоне от 0 до 360° (далее по тексту – эталон) на поворотную платформу установки в соответствии с эксплуатационной документацией эталона.

5.4.1.4 Подготовить эталон к работе в режиме воспроизведений угловой скорости.

5.4.1.5 Подключить частотомер к эталону (при измерении в диапазоне от 0,03 до 0,3 °/с включительно подключение произвести к сигналу последовательности импульсов, в диапазоне от 0,3 до 150 °/с подключение произвести к сигналу с нулевой метки). Установить режим работы частотомера в режим измерений периода.

5.4.1.6 Задать первое значение угловой скорости поворотной платформы установки в соответствии с таблицей 2 и нажать кнопку «СТАРТ».

5.4.1.7 Провести измерения периода вращения поворотной платформы не менее 3-х раз. Полученный результат занести в таблицу 3.

5.4.1.8 Выполнить пункт 5.4.1.7 для всех значений угловых скоростей  $(\Omega_{\text{зад}})_k$ , приведённых в таблице 3.

Таблица 3 – Результаты измерений угловой скорости.

k	$(\Omega_{\text{зад}})_k, \text{ }^\circ/\text{с}$	$T_{\text{изм.}}, \text{ с.}$			$\overline{(\Omega_{\text{изм}})_k}, \text{ }^\circ/\text{с}$	$\delta(\overline{(\Omega_{\text{изм}})_k}), \text{ \%}$
		$i=1$	$i=2$	$i=3$		
1	0,03					
2	0,05					
3	0,1					
4	0,3					
5	0,6					
6	1					
7	3					
8	6					
9	10					
10	20					
11	30					

k	$(\Omega_{\text{зад}})_k, \text{ }^\circ/\text{с}$	$T_{\text{изм.}}, \text{ с.}$			$\overline{(\Omega_{\text{изм}})_k}, \text{ }^\circ/\text{с}$	$\delta(\overline{\Omega_{\text{изм}}})_k, \text{ \%}$
		$i=1$	$i=2$	$i=3$		
12	40					
13	50					
14	60					
15	70					
16	80					
17	90					
18	100					
19	110					
20	120					
21	130					
22	140					
23	150					

5.4.1.9 Вычислить значение измеренной угловой скорости по формуле 1:

$$\Omega_{\text{изм.},i} = \frac{360}{T_{\text{изм.},i}} \quad (1)$$

где  $T_{\text{изм.},i}$  – результат измерений периода вращения, с;  $i$  – номер измерения.

По результатам измерений определить среднее значение угловой скорости по формуле:

$$\overline{(\Omega_{\text{изм}})_k} = \frac{1}{3} \sum_{i=1}^3 \Omega_{\text{изм.},i} \quad (2)$$

5.4.1.10 Для каждого заданного значения определить относительную погрешность воспроизведений угловой скорости по формуле 3:

$$\delta(\overline{\Omega_{\text{изм}}})_k = \frac{((\Omega_{\text{зад}})_k - \overline{(\Omega_{\text{изм}})_k})}{\overline{(\Omega_{\text{изм}})_k}} \cdot 100 \quad (3)$$

где  $\overline{(\Omega_{\text{изм}})_k}$  – среднее значение угловой скорости, определённое по формуле 2,  $(\Omega_{\text{зад}})_k$  – значение угловой скорости, воспроизведённое установкой.

5.4.1.11 Определить значение относительной погрешности воспроизведений угловой скорости по формуле 4:

$$\delta(\Omega_{\text{воспр}}) = \max(\delta(\overline{\Omega_{\text{изм}}})_k) \quad (4)$$

5.4.1.12 Выполнить операции пунктов 5.4.1.3 – 5.4.1.11 для противоположного направления вращения поворотной платформы установки.

5.4.1.13 Установить поворотный блок установки так, чтобы ось вращения была направлена горизонтально и выполнить пункты 5.4.1.1 – 5.4.1.12.



5.4.2 *Определение относительной погрешности воспроизведений угловой скорости с использованием фототахометра электронного «TESTO 465» и секундомера электронного «Интеграл С-01».*

5.4.2.1 Руководствуясь эксплуатационной документацией установки подготовить её к работе в режиме воспроизведений угловой скорости в горизонтальном положении (ось вращения направлена вертикально).

5.4.2.2 Подключить поворотный блок установки к сети переменного напряжения 220 В и включить установку.

5.4.2.3 По нанесённым рискам измерить текущее значение углового положения поворотной платформы установки.

5.4.2.4 Задать первое значение угловой скорости поворотной платформы установки в соответствии с таблицей 4.

5.4.2.5 Нажать на поворотном блоке установки кнопку «СТАРТ» и одновременно с этим запустить секундомер.

5.4.2.6 Провести измерение временного интервала  $((t_{\text{изм.}})_k)$ , за которое поворотная платформа совершит полный оборот и вернётся в начальное положение, соответствующее углу, измеренному в п. 5.4.2.3.

5.4.2.7 Выполнить измерения в соответствии с пунктами 5.4.2.3 - 5.4.2.6 для угловых скоростей, приведённых в таблице 4.

Таблица 4 – Результаты измерений угловой скорости в диапазоне от 0,03 до 10 °/с.

k	$(\Omega_{\text{зад}})_k$ , °/с	Вращение по часовой стрелке			Вращение против часовой стрелки		
		$(t_{\text{изм.}})_k$ , с	$(\Omega_{\text{изм}})_k$ , °/с	$\delta(\Omega_{\text{изм}})_k$ , %	$(t_{\text{изм.}})_k$ , с	$(\Omega_{\text{изм}})_k$ , °/с	$\delta(\Omega_{\text{изм}})_k$ , %
1	0,03						
2	0,05						
3	0,1						
4	0,3						
5	0,6						
6	1						
7	3						
8	6						
9	10						

5.4.2.8 Вычислить значение измеренной угловой скорости  $((\Omega_{\text{изм}})_k, \text{ °/с})$  по формуле 5:

$$(\Omega_{\text{изм}})_k = \frac{360}{(t_{\text{изм.}})_k} \quad (5)$$

где k – номер измерения.

5.4.2.9 Нанести оптическую метку (из комплекта фототахометра электронного «TESTO 465») на край поворотной платформы в соответствии с рисунком 1.

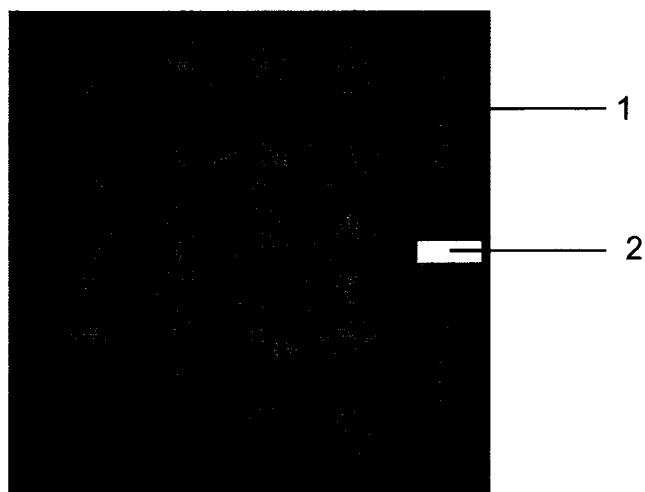


Рисунок 1– Расположение оптической метки на поворотной платформе. 1 - поворотная платформа, 2 – оптическая метка.

5.4.2.10 Задать первое значение угловой скорости поворотной платформы установки в соответствии с таблицей 5 и нажать на кнопку «СТАРТ».

Таблица 5 – Результаты измерений угловой скорости в диапазоне от 20 до 150 °/с

k	$(\Omega_{\text{зад}})_k, \text{ }^\circ/\text{с}$	Вращение по часовой стрелке			Вращение против часовой стрелки		
		$f_{\text{ср}}, \text{ мин}^{-1}$	$(\Omega_{\text{изм}})_k, \text{ }^\circ/\text{с}$	$\delta(\Omega_{\text{изм}})_k, \%$	$f_{\text{ср}}, \text{ мин}^{-1}$	$(\Omega_{\text{изм}})_k, \text{ }^\circ/\text{с}$	$\delta(\Omega_{\text{изм}})_k, \%$
10	20						
11	30						
12	40						
13	50						
14	60						
15	70						
16	80						
17	90						
18	100						
19	110						
20	120						
21	130						
22	140						
23	150						

5.4.2.11 Включить фототахометр электронный «TESTO 465» однократным нажатием на центральную кнопку. Нажать и удерживая центральную кнопку тахометра провести измерение частоты вращения поворотной платформы (схема проведения эксперимента представлена на рисунке 2).

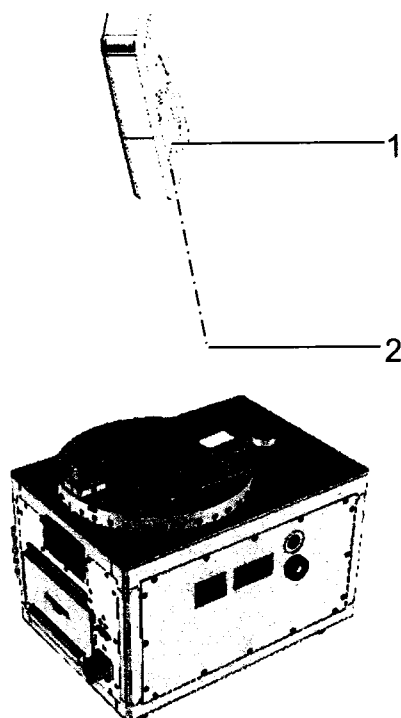


Рисунок 2 – Определение погрешности воспроизведений угловой скорости с использованием фототахометра электронного «TESTO 465». 1 - фототахометр электронный «TESTO 465», 2 - оптическая метка.

5.4.2.12 Нажать кнопку «СТОП» на поворотном блоке установки после того, как платформа совершит двадцать полных оборотов.

5.4.2.13 Последовательно нажимая на кнопку «MEM» фототахометра электронного «TESTO 465», вывести среднее значение измерений ( $f_{\text{ср}}$ , мин<sup>-1</sup>).

5.4.2.14 Выполнить измерения в соответствии с пунктами 5.4.2.10 - 5.4.2.13 для угловых скоростей, приведённых в таблице 5.

5.4.2.15 Вычислить значение измеренной угловой скорости ( $(\Omega_{\text{изм}})_k$ , °/с) по формуле 6:

$$(\Omega_{\text{изм}})_k = 6 \cdot f_{\text{ср}} \quad (6)$$

5.4.2.16 Определить относительную погрешность воспроизведений угловой скорости ( $\delta(\Omega_{\text{изм}})_k$ , %) для всех значений угловой скорости, приведённых в таблицах 3 и 4 по формуле 7:

$$\delta(\Omega_{\text{изм}})_k = \frac{((\Omega_{\text{зад}})_k - (\Omega_{\text{изм}})_k)}{(\Omega_{\text{изм}})_k} \cdot 100 \quad (7)$$

где  $(\Omega_{\text{изм}})_k$  - измеренное значение угловой скорости;

$(\Omega_{\text{зад}})_k$  - значение угловой скорости, воспроизведённое установкой.

5.4.2.17 Определить максимальное значение относительной погрешности воспроизведений угловой скорости по формуле 8:

$$\delta(\Omega_{\text{воспр}}) = \max \delta(\Omega_{\text{изм}})_k \quad (8)$$

5.4.2.18 Выполнить операции пунктов 5.4.2.3 – 5.4.2.17 для противоположного направления вращения поворотной платформы установки.

5.4.2.19 Выключить установку и отключить поворотный блок установки от сети переменного напряжения.

Установка считается прошедшей поверку по пункту 5.4, если значение относительной погрешности воспроизведений угловой скорости не превышает 1 %.

#### 5.5 Проверка диапазона воспроизведений угловой скорости

При выполнении требований пункта 5.4 МП за рабочий диапазон воспроизведений угловой скорости принять диапазон  $\pm (0,03 - 150) \text{ }^\circ/\text{с}$ .

Установка считается прошедшей поверку по пункту 5.5, если при выполнении требований пункта 5.4, диапазон воспроизведений составляет  $\pm (0,03 - 150) \text{ }^\circ/\text{с}$ .

#### 5.6 Определение нестабильности угловой скорости в пределах одного оборота

5.6.1 Поместить поворотный блок установки на рабочую поверхность и выставить в горизонтальном положении (ось вращения направлена вертикально), руководствуясь эксплуатационной документацией установки.

5.6.2 Подключить поворотный блок установки к сети переменного напряжения 220 В и включить установку.

5.6.3 Установить эталон на поворотную платформу установки в соответствии с эксплуатационной документацией эталона.

5.6.4 Подключить эталон к ПК.

5.6.5 Задать значение угловой скорости поворотной платформы установки равное  $0,03 \text{ }^\circ/\text{с}$  и нажать кнопку «СТАРТ».

5.6.6 Используя специализированное ПО эталона, провести запись выходного сигнала с эталона на одном обороте через 20 с.

5.6.7 По результатам измерений определить мгновенное значение угловой скорости по формуле 9:

$$\Delta\Omega_{\text{изм},i} = \frac{\alpha_{i+1} - \alpha_i}{20} \quad (9)$$

где  $(\alpha_{i+1} - \alpha_i)$  – угловое перемещение поворотной платформы установки за время 0,1 с.

4.6.8 Определить нестабильность угловой скорости по формуле 10

$$\delta\Omega_{\text{нест}} = \frac{(\max|\Delta\Omega_{\text{изм},i} - \Omega_{\text{зад}}|)}{\Omega_{\text{зад}}} \cdot 100 \quad (10)$$

где  $\Omega_{\text{зад}}$  – заданное значение угловой скорости.

Установка считается прошедшей испытания по пункту 5.6 МП, если нестабильность угловой скорости не превышает

2 % - в диапазоне угловых скоростей от 0,03 до 0,05 вкл.  $^\circ/\text{с}$ ;

1 % - в диапазоне угловых скоростей свыше 0,05 до 150 вкл.  $^\circ/\text{с}$ .

5.7 Определение разности угловых скоростей при вращении по часовой и против часовой стрелки

5.7.1 По результатам измерений пункта 5.4 определить разность угловых скоростей при вращении по часовой и против часовой стрелки по формуле 11

$$\delta\Omega_{\text{разн.}} = \max\left(\frac{((\Omega_{\text{изм.пр.}})_k - (\Omega_{\text{изм.лев.}})_k)}{(\Omega_{\text{зад.}})_k} \cdot 100\right) \quad (11)$$

Установка считается прошедшей поверку по пункту 5.7, если максимальное значение разности угловых скоростей при вращении по часовой и против часовой стрелки не превышает 1 %.

## 6. ОФОРМЛЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ПОВЕРКИ

6.1 При положительных результатах поверки, проведённой в соответствии с настоящей методикой, оформляется протокол поверки и выдаётся свидетельство о поверке. Знак поверки наносится на информационную табличку поворотного блока установки.

6.2 При отрицательных результатах поверки установка к применению не допускается и на неё оформляется извещение о непригодности.

## ПРИЛОЖЕНИЕ А.

Протокол периодической поверки установки поворотной малогабаритной МПУ-8

Обозначение – МПУ-8, зав.№.....

Владелец : .....

Условия поверки:

Температура окружающего воздуха ..... °С.

Относительная влажность воздуха ..... %.

Результаты поверки:

1 Внешний осмотр: .....

2 Проверка комплектности и маркировки.....

3 Подтверждение соответствия программного обеспечения.....

4 Определение относительной погрешности воспроизведений угловой скорости

Таблица 1 – Результаты измерений угловой скорости в диапазоне от 0,03 до 10 °/с при вертикальной оси вращения

k	$(\Omega_{\text{зад}})_k, \text{ }^\circ/\text{с}$	Вращение по часовой стрелке			Вращение против часовой стрелки		
		$t_{\text{изм.}}, \text{ с.}$	$(\Omega_{\text{изм}})_k, \text{ }^\circ/\text{с}$	$\delta(\Omega_{\text{изм}})_k, \text{ \%}$	$t_{\text{изм.}}, \text{ с.}$	$(\Omega_{\text{изм}})_k, \text{ }^\circ/\text{с}$	$\delta(\Omega_{\text{изм}})_k, \text{ \%}$
1	0,03						
2	0,05						
3	0,1						
4	0,3						
5	0,6						
6	1						
7	3						
8	6						
9	10						

$$(\Omega_{\text{изм}})_k = \frac{360}{t_{\text{изм.}i}}$$

$$\delta(\Omega_{\text{изм}})_k = \frac{((\Omega_{\text{зад}})_k - (\Omega_{\text{изм}})_k)}{(\Omega_{\text{изм}})_k} \cdot 100$$

Таблица 2 – Результаты измерений угловой скорости в диапазоне от 20 до 150 °/с при вертикальной оси вращения

k	$(\Omega_{\text{зад}})_k, \text{ } ^\circ/\text{с}$	Вращение по часовой стрелке			Вращение против часовой стрелки		
		$f_{\text{ср}}, \text{ мин}^{-1}$	$(\Omega_{\text{изм}})_k, \text{ } ^\circ/\text{с}$	$\delta(\Omega_{\text{изм}})_k, \%$	$f_{\text{ср}}, \text{ мин}^{-1}$	$(\Omega_{\text{изм}})_k, \text{ } ^\circ/\text{с}$	$\delta(\Omega_{\text{изм}})_k, \%$
10	20						
11	30						
12	40						
13	50						
14	60						
15	70						
16	80						
17	90						
18	100						
19	110						
20	120						
21	130						
22	140						
23	150						

$$(\Omega_{\text{изм}})_k = 6 * f_{\text{ср}}$$

$$\delta(\Omega_{\text{изм}})_k = \frac{((\Omega_{\text{зад}})_k - (\Omega_{\text{изм}})_k)}{(\Omega_{\text{изм}})_k} \cdot 100$$

$$\delta(\Omega_{\text{воспр}}) = \max \delta(\Omega_{\text{изм}})_k$$

Таблица 3 – Результаты измерений угловой скорости в диапазоне от 0,03 до 10 °/с при горизонтальной оси вращения

k	$(\Omega_{\text{зад}})_k, \text{ } ^\circ/\text{с}$	Вращение по часовой стрелке			Вращение против часовой стрелки		
		$t_{\text{изм.}}, \text{ с.}$	$(\Omega_{\text{изм}})_k, \text{ } ^\circ/\text{с}$	$\delta(\Omega_{\text{изм}})_k, \%$	$t_{\text{изм.}}, \text{ с.}$	$(\Omega_{\text{изм}})_k, \text{ } ^\circ/\text{с}$	$\delta(\Omega_{\text{изм}})_k, \%$
1	0,03						
2	0,05						
3	0,1						
4	0,3						
5	0,6						
6	1						
7	3						
8	6						
9	10						

$$(\Omega_{\text{изм}})_k = \frac{360}{t_{\text{изм.},i}}$$

$$\delta(\Omega_{\text{изм}})_k = \frac{((\Omega_{\text{зад}})_k - (\Omega_{\text{изм}})_k)}{(\Omega_{\text{изм}})_k} \cdot 100$$

Таблица 4 – Результаты измерений угловой скорости в диапазоне от 20 до 150 °/с при горизонтальной оси вращения

k	$(\Omega_{\text{зад}})_k, \text{ }^\circ/\text{с}$	Вращение по часовой стрелке			Вращение против часовой стрелки		
		$f_{\text{ср}}, \text{ мин}^{-1}$	$(\Omega_{\text{изм}})_k, \text{ }^\circ/\text{с}$	$\delta(\Omega_{\text{изм}})_k, \%$	$f_{\text{ср}}, \text{ мин}^{-1}$	$(\Omega_{\text{изм}})_k, \text{ }^\circ/\text{с}$	$\delta(\Omega_{\text{изм}})_k, \%$
10	20						
11	30						
12	40						
13	50						
14	60						
15	70						
16	80						
17	90						
18	100						
19	110						
20	120						
21	130						
22	140						
23	150						

$$(\Omega_{\text{изм}})_k = \delta * f_{\text{ср}}$$

$$\delta(\Omega_{\text{изм}})_k = \frac{((\Omega_{\text{зад}})_k - (\Omega_{\text{изм}})_k)}{(\Omega_{\text{изм}})_k} \cdot 100$$

$$\delta(\Omega_{\text{воспр}}) = \max \delta(\Omega_{\text{изм}})_k$$

5 Проверка неустойчивости угловой скорости в пределах одного оборота

$$\delta\Omega_{\text{нест.}} = \frac{(\max |\Delta\Omega_{\text{изм},i} - \Omega_{\text{зад}}|)}{\Omega_{\text{зад}}} \cdot 100 =$$

6 Проверка разности угловых скоростей при вращении по часовой и против часовой стрелки

$$\delta\Omega_{\text{разн.}} = \max \left( \frac{((\Omega_{\text{изм,пр}})_k - (\Omega_{\text{изм,лев.}})_k)}{(\Omega_{\text{зад.}})_k} \cdot 100 \right) =$$

7 Заключение: ..... для эксплуатации  
годен / не годен

Дата поверки «.....» ..... 20 ..... г.

Поверитель .....  
Подпись ..... Расшифровка подписи .....



