

Федеральное государственное унитарное предприятие  
«Всероссийский научно-исследовательский институт метрологии им. Д. И. Менделеева»  
ФГУП «ВНИИМ им. Д. И. Менделеева»

СОГЛАСОВАНО

Генеральный директор

ФГУП «ВНИИМ им. Д. И. Менделеева»

А. Н. Пронин

М. п.

«25» октября 2023 г.



Государственная система обеспечения единства измерений

Столы поворотные прецизионные СПП-19.001

Методика поверки

МП 253-0114-2023

И.о. руководителя НИО эталонов в областях измерений параметров движения, крутящего момента силы и гравиметрии

А. А. Морсин

Заместитель руководителя НИО 253 ФГУП  
«ВНИИМ им. Д.И. Менделеева»

Д.Б. Пухов

Санкт-Петербург, 2023

## ОГЛАВЛЕНИЕ

|    |   |   |
|----|---|---|
| 1  | ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ.....  | 3 |
| 2  | ПЕРЕЧЕНЬ ОПЕРАЦИЙ ПОВЕРКИ СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ .....  | 5 |
| 3  | ТРЕБОВАНИЯ К УСЛОВИЯМ ПРОВЕДЕНИЯ ПОВЕРКИ.....   | 5 |
| 4  | МЕТРОЛОГИЧЕСКИЕ И ТЕХНИЧЕСКИЕ ТРЕБОВАНИЯ К СРЕДСТВАМ ПОВЕРКИ.....   | 5 |
| 5  | ТРЕБОВАНИЯ (УСЛОВИЯ) ПО ОБЕСПЕЧЕНИЮ БЕЗОПАСНОСТИ ПРОВЕДЕНИЯ ПОВЕРКИ .....   | 6 |
| 6  | ТРЕБОВАНИЯ К СПЕЦИАЛИСТАМ, ОСУЩЕСТВЛЯЮЩИМ ПОВЕРКУ .....   | 6 |
| 7  | ВНЕШНИЙ ОСМОТР СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ.....  | 6 |
| 8  | ПОДГОТОВКА К ПОВЕРКЕ И ОПРОБОВАНИЕ СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ .....   | 7 |
| 9  | ПОДТВЕРЖДЕНИЕ СООТВЕТСТВИЯ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ.....  | 7 |
| 10 | ОПРЕДЕЛЕНИЕ МЕТРОЛОГИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ И ПОДТВЕРЖДЕНИЕ СООТВЕТСТВИЯ ОБЯЗАТЕЛЬНЫМ МЕТРОЛОГИЧЕСКИМ ТРЕБОВАНИЯМ..... | 8 |
| 11 | ОФОРМЛЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ПОВЕРКИ.....   | 8 |

## 1 Общие положения

1.1 Настоящая методика поверки применяется для поверки столов поворотных прецизионных СПП-19.001 (далее – столы), изготовленных АО «НПЦАП», г. Москва, используемых в качестве рабочих средств измерений, в соответствии с государственной поверочной схемой для средств измерений угловой скорости и частоты вращения, с государственной поверочной схемой для средств измерений времени и частоты, государственной поверочной схемы для средств измерений плоского угла и устанавливает объём и порядок проведения поверки.

1.2 В результате поверки должны быть подтверждены следующие метрологические требования, приведенные в таблице 1.

Таблица 1 – Метрологические требования

| Наименование характеристики  | Значение                           |
|--|------------------------------------|
| Диапазон измерений угловой скорости, °/с   | от 0,005 до 10                     |
| Пределы допускаемой относительной погрешности измерений угловой скорости на угле 360°, %   | ±0,005                             |
| Диапазон задания угловой скорости, °/с   | от 0,005 до 10                     |
| Относительное отклонение угловой скорости от заданного, %, не более:<br>- при угловом перемещении, равном 360°<br>- при угловом перемещении, равном 15°<br>- при угловом перемещении, равном 5°  | ±0,01<br>±0,05<br>±0,1             |
| Относительная нестабильность угловой скорости, %, не более:<br>- при угловом перемещении, равном 360°<br>- при угловом перемещении, равном 15°<br>- при угловом перемещении, равном 5°   | ±0,01<br>±0,05<br>±0,1             |
| Диапазон измерений углов поворота  | ±360°                              |
| Пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений углов поворота:<br>- при вертикальном положении оси поворотного стола<br>- для исполнений СПП-19.001А<br>- для исполнений СПП-19.001Б<br>- при горизонтальном положении оси поворотного стола<br>- для исполнений СПП-19.001А<br>- для исполнений СПП-19.001Б | ±0,25"<br>±0,5"<br>±0,25"<br>±0,5" |
| Максимальное отклонение от заданного угла поворота<br>- в автоматическом режиме<br>- для исполнений СПП-19.001А<br>- для исполнений СПП-19.001Б<br>- в ручном режиме<br>- для исполнений СПП-19.001А<br>- для исполнений СПП-19.001Б   | ±0,5"<br>±1,0"<br>±0,1"<br>±0,5"   |
| Диапазон измерений интервала между сигналами СТАРТ-СТОП и периода следования этих сигналов, с  | от $1 \cdot 10^{-5}$ до 10         |
| Пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений интервала между сигналами СТАРТ-СТОП и периода следования этих сигналов, мкс  | ±0,01                              |

1.3 При определении метрологических характеристик в рамках проводимой поверки обеспечивается передача:

- единицы угловой скорости в соответствии с Государственной поверочной схемой для средств измерений угловой скорости и частоты вращения, утвержденной приказом Росстандарта от 01.09.2022 № 2183, подтверждающая прослеживаемость к Государственному первичному эталону единиц времени, частоты и национальной шкалы времени ГЭТ 1-2022;

- единицы времени в соответствии с Государственной поверочной схемой для средств измерений времени и частоты, утвержденной приказом Росстандарта от 26 сентября 2022 г. № 2360, подтверждающая прослеживаемость к Государственному первичному эталону единиц времени, частоты и национальной шкалы времени ГЭТ 1-2022;

- единицы плоского угла в соответствии с Государственной поверочной схемой для средств измерений плоского угла, утвержденной приказом Росстандарта от 26 ноября 2018 г. № 2482, подтверждающая прослеживаемость к Государственному первичному эталону единиц плоского угла ГЭТ 22-2014.

1.4 При определении метрологических характеристик поверяемого средства измерений используется метод непосредственного сравнения результата измерений поверяемого средства измерений со значениями, определенными эталонами.

1.5 Методикой поверки допускается возможность проведения поверки для меньшего числа измеряемых величин, с обязательным указанием в свидетельстве о поверке информации об объеме проведенной поверки.

1.6 Перед началом работы необходимо ознакомиться с настоящей методикой поверки, эксплуатационной документацией, техническим описанием средств измерений и оборудования, используемых при проведении поверки.

1.7 При пользовании настоящей методикой поверки целесообразно проверить действие ссылочных документов по соответствующему указателю стандартов, составленному по состоянию на 1 января текущего года и по соответствующим информационным указателям, опубликованным в текущем году.

Если ссылочный документ заменен (изменен), то при пользовании настоящей методикой следует руководствоваться заменяющим (измененным) документом. Если ссылочный документ отменен без замены, то положение, в котором дана ссылка на него, применяется в части, не затрагивающей эту ссылку.

1.8 В тексте настоящей методики поверки имеются следующие сокращения:

- РЭ – руководство по эксплуатации;
- МП – методика поверки;
- ПО – программное обеспечение;
- ЭД – эксплуатационная документация

## **2 Перечень операций поверки средства измерений**

2.1 При проведении поверки должны выполняться операции, указанные в таблице 2.

Таблица 2 – Операции при проведении поверки

| Наименование операции   | Номер пункта | Обязательность проведения операции при поверке |               |
|---|--------------|--|---------------|
|   |              | Первичной                                      | Периодической |
| Внешний осмотр  | 7            | да   | да            |
| Подготовка к поверке и опробование средства измерений   | 8            | да   | да            |
| Проверка программного обеспечения средства измерений  | 9            | да   | да            |
| Определение метрологических характеристик средства измерений и подтверждение соответствия средства измерений метрологическим требованиям                                  | 10           | да   | да            |
| Определение абсолютной погрешности измерений углов поворота   | 10.1         | да   | да            |
| Определение максимального отклонения от заданного угла поворота в автоматическом режиме   | 10.2         | да   | да            |
| Определение максимального отклонения от заданного угла поворота в ручном режиме   | 10.3         | да   | да            |
| Определение относительной погрешности измерений угловых скоростей, относительного отклонения угловой скорости от заданного, относительной нестабильности угловой скорости | 10.4         | да   | да            |
| Определение погрешности измерений интервала между сигналами СТАРТ-СТОП и периода следования этих сигналов   | 10.5         | да   | да            |
| Оформление результатов поверки  | 11           | да   | да            |

## **3 Требования к условиям проведения поверки**

3.1 При проведении поверки должны быть соблюдены следующие условия:  
температура окружающего воздуха, °C ..... от плюс 17 до плюс 23;  
относительная влажность воздуха, %, ..... от 45 до 65;  
атмосферное давление, кПа ..... от 80 до 110.

## **4 Метрологические и технические требования к средствам поверки**

4.1 При проведении поверки должны применяться средства измерений и вспомогательное оборудование, указанные в таблице 3.

Таблица 3

| Операции поверки, требующие применение средств поверки  | Метрологические и технические требования к средствам поверки, необходимые для проведения поверки  | Перечень рекомендуемых средств поверки   |
|---|---|--|
| п. 8.1 Контроль условий поверки   | Средства измерений температуры окружающей среды в диапазоне измерений от 15 до 25 °C с абсолютной погрешностью не более 1 °C;<br>Средства измерений относительной влажности воздуха в диапазоне от 20 до 90 % с погрешностью не более 3%;   | Термогигрометр электронный CENTER мод. 315, регистрационный № 22129-09.  |
| п. 10 Определение метрологических характеристик средства измерений и подтверждение соответствия обязательным метрологическим требованиям  | Эталон единицы плоского угла 2-го разряда (автоколлиматор) в соответствии с государственной поверочной схемой для средств измерений плоского угла, утвержденной приказом Росстандарта от 26 ноября 2018 г. № 2482<br><br>Эталон единицы плоского угла 2-го разряда (призма многогранная) в соответствии с государственной поверочной схемой для средств измерений плоского угла, утвержденной приказом Росстандарта от 26 ноября 2018 г. № 2482 | Автоколлиматор цифровой ТА 1000-140. Регистрационный номер в ФИФОЕИ 47437-11. Погрешность измерений не более ±0,02". Диапазон углов по осям X и Y от минус 100" до +100".<br><br>Мера плоского угла 4-24-0. ГОСТ 2875-88 |
|   | Рабочий эталон единиц времени и частоты четвертого разряда в соответствии с государственной поверочной схемой для средств измерений времени и частоты, утвержденной приказом Росстандарта от 26 сентября 2022 г. № 2360   | Генератор сигналов произвольной формы 33220А. Регистрационный номер в ФИФОЕИ 32993-09  |
|   | Рабочий эталон единиц времени и частоты четвертого разряда в соответствии с государственной поверочной схемой для средств измерений времени и частоты, утвержденной приказом Росстандарта от 26 сентября 2022 г. № 2360   | Частотомер электронно-счетный 53131А. Регистрационный номер в ФИФОЕИ 26211-03.   |
| Примечание – Допускается использовать при поверке другие утвержденные и аттестованные эталоны единиц величин, средства измерений утвержденного типа и поверенные, удовлетворяющие метрологическим требованиям, указанным в таблице. |   |  |

## 5 Требования (условия) по обеспечению безопасности проведения поверки

5.1 При проведении поверки должны соблюдаться требования безопасности в соответствии с «Правилами технической эксплуатации электроустановок потребителями» и «Межотраслевыми правилами по охране труда (Правила безопасности) при эксплуатации электроустановок».

5.2 При работе с измерительными приборами и вспомогательным оборудованием должны соблюдаться требования безопасности, оговоренные в соответствующих технических описаниях и руководствах по эксплуатации применяемых приборов.

## 6 Требования к специалистам, осуществляющим поверку

6.1 К проведению поверки установок допускается инженерно-технический персонал со среднетехническим или высшим образованием, аттестованные в качестве поверителей в соответствующей области измерений, ознакомленный с руководством по эксплуатации и настоящей методикой, и обладающие навыками работы на применяемых средствах поверки.

## 7 Внешний осмотр средства измерений

При внешнем осмотре устанавливают соответствие стола следующим требованиям:

- описание и изображение стола должно соответствовать описанию типа;

- комплектность и маркировка стола должна соответствовать эксплуатационным документам;
- наличие предусмотренных пломб для защиты несанкционированного вмешательства;
- на столе не должно быть внешних механических повреждений и дефектов, препятствующих ее применению, разъемы и гнезда должны быть чистыми и исправными.

Результаты внешнего осмотра считаются положительными при соответствии всех, указанных требований.

При отрицательном результате выполнение дальнейших операций поверки прекращают.

## **8 Подготовка к поверке и опробование средства измерений**

### **8.1 Контроль условий поверки.**

Перед проведением поверки должны быть выполнены следующие подготовительные работы:

- проверка наличия поверочного оборудования и вспомогательных устройств (приспособлений), перечисленных в п.4;
- проверка наличия действующих свидетельств (отметок) о поверке используемых средств измерений;
- проверка соблюдения условий п.3;
- проверка наличия на корпусе стола этикетки с товарным знаком фирмы-изготовителя;
- подготовка к работе поверяемого стола, средств измерений и вспомогательного оборудования в соответствии с их эксплуатационной документацией.

### **8.2 Опробование**

8.2.1 При опробовании проверяют наличие индикации, коммутации поворотного стола и блока управления, а также его функционирование.

## **9 Подтверждение соответствия программного обеспечения**

9.1 Для проверки идентификационных данных ПО стола необходимо проверить идентификационный номер версии ПО, указанный в паспорте.

9.2 Сличить идентификационные данные ПО с данными, приведёнными в таблице 4.

Таблица 4 - Идентификационные данные ПО стола

| Идентификационные признаки  | Значение               |                        |                        |
|---|------------------------|------------------------|------------------------|
|   | Встроенное ПО          |                        | Автономное ПО          |
|   | КП-72.001              | КП-49.002              | БПУ-17.001             |
| Идентификационное наименование ПО                                     | ИУНЕ.00088             | ИУНЕ.00099             | ИУНЕ.00089             |
| Номер версии (идентификационный номер) ПО                             | vXXX <sup>1)</sup>     | vXXX <sup>1)</sup>     | vXXX <sup>1)</sup>     |
| Цифровой идентификатор ПО (контрольная сумма)                         | 0E3B6162 <sup>2)</sup> | F413B297 <sup>3)</sup> | FFA344A3 <sup>4)</sup> |
| Алгоритм вычисления цифрового идентификатора программного обеспечения | CRC32                  |                        |                        |

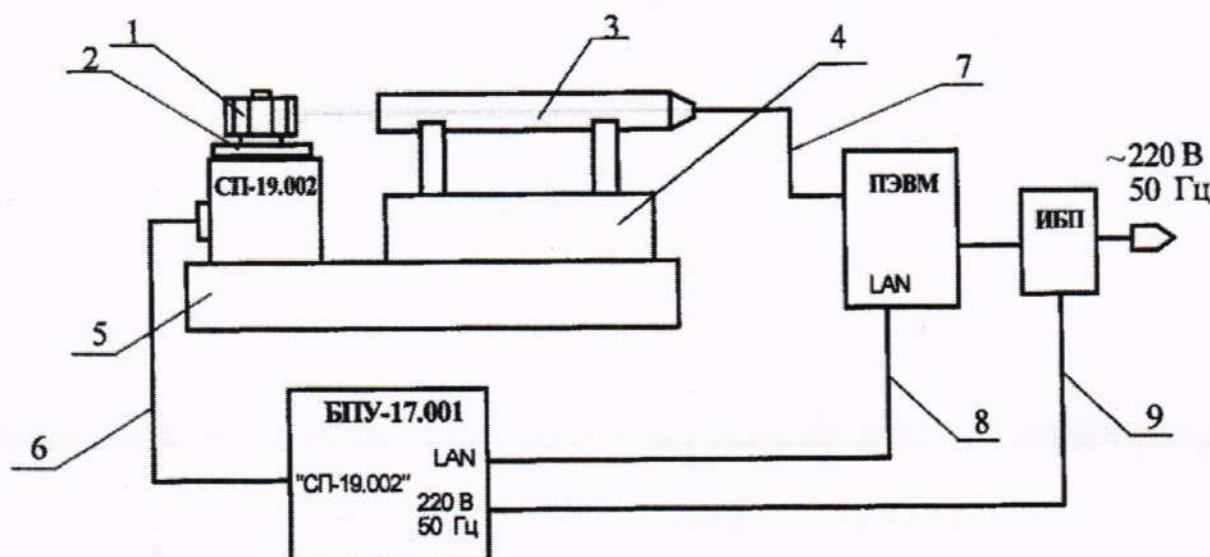
1 – значение находится в диапазоне от 001 до 999;  
 2 - для версии v001;  
 3 - для версии v001;  
 4 - для версии v001

9.3 Стол считается прошедшей поверку по пункту 9, если наименование и версия ПО соответствуют идентификационным данным программного обеспечения, приведённым в таблице 3.

## 10 Определение метрологических характеристик средства измерений и подтверждение соответствия обязательным метрологическим требованиям

### 10.1 Определение абсолютной погрешности измерений углов поворота

10.1.1 Установить и закрепить на плите в соответствии с рисунком 1 поворотный стол СП-19.002 и электронный автоколлиматор, при этом ось шпинделя поворотного стола должна быть установлена вертикально, а ось трубы автоколлиматора – находиться в вертикальной плоскости, проходящей через ось вращения стола.



- 1 - многогранная призма;  
2 - держатель призмы НИМК.301524.001;  
3 - цифровой автоколлиматор;  
4 - основание НИМК.741234.001;  
5 - плита;  
6 - кабель ИУНЕ.685611.029;  
7 - кабель из комплекта автоколлиматора;  
8 - кабель LAN;  
9 - кабель питания.

Рисунок 1 – Схема установки приборов

10.1.2 Многогранную призму с помощью держателя призмы установить на поворотную часть стола СП-19.002 по оси вала поворотной части стола (по оси шпинделя), плоскость первой грани ориентировать на автоколлиматор, добиться попадания автоколлимационного изображения марки, отраженного от первой грани призмы, в поле зрения автоколлиматора.

10.1.3 Совместить автоколлимационное изображение марки, полученное при отражении от первой грани призмы, с центром шкалы автоколлиматора не хуже, чем  $\pm 5''$  по обеим координатам измерения.

П р и м е ч а н и е - Автоколлиматор устанавливают таким образом, чтобы возрастание угла по показаниям БПУ-17.001 приводило к возрастанию угла по показаниям автоколлиматора.

10.1.4 Выставить многогранную призму так, чтобы автоколлимационное изображение марки от каждой грани призмы за оборот не превышало угол  $\pm 10''$  по координате, параллельной оси вращения.

10.1.5 Произвести измерения, выполняя следующие операции:

- а) на дисплее блока БПУ-17.001 в окне рабочей программы выбирают режим (сценарии) (вид экрана приведен на рисунке 2);

открывают необходимый файл сценария «Проверка погрешности.txt», нажав кнопку и выбрав его из представленного списка;

Примечание – Файл сценария пишется под конкретный экземпляр призмы с учетом данных, приведенных в актуальном свидетельстве о поверке призмы.

б) запускают измерения, нажав кнопку ;

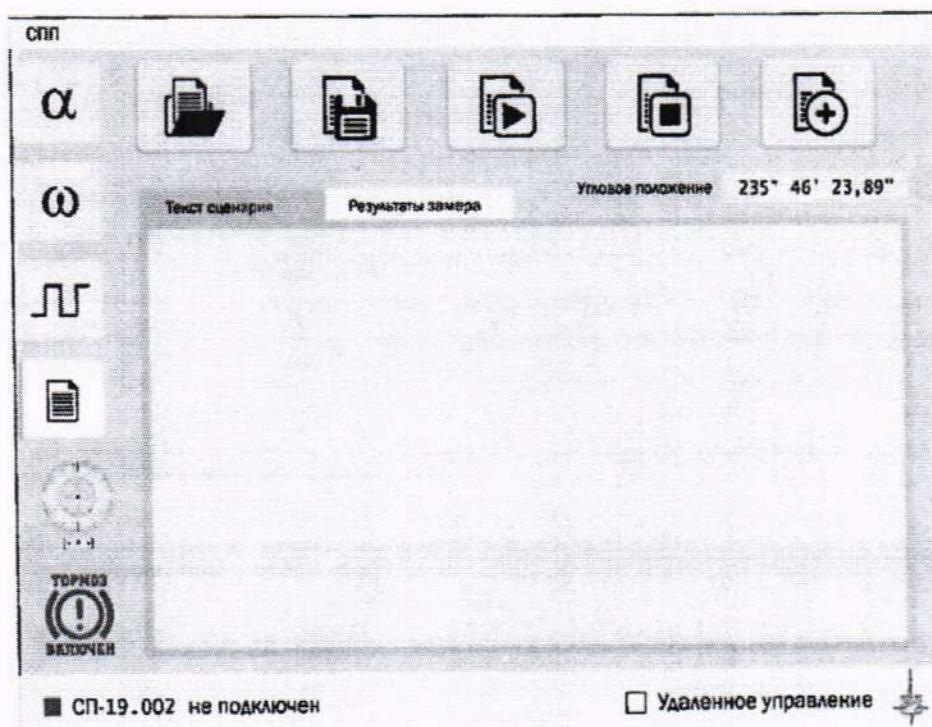


Рисунок 2 – Изображения на экране блока управления

в) по окончании выполнения сценария, полученные данные с автоколлиматора и со стола обработать следующим образом:

- для всех  $i$  значений углов, измеренных столом, ( $i = 1, 2, 3 \dots k$ ,  $k$  – число углов многоугранной призмы) определить

$$\Delta\alpha_i^+ = \alpha_{измi} - \alpha_{действi} \quad (1)$$

где  $\alpha_{действi}$  – действительное значение  $i$ -того угла, выбирается из актуального свидетельства о поверке призмы;

$\alpha_{измi}$  – измеренное столом значение угла;

- полученные значения углов  $\Delta\alpha_i^+$  и значения угла, измеренные автоколлиматором  $\alpha_{АК.i}^+$  занести в таблицу 5.

Таблица 5

| n   | i   | $\Delta\alpha^+, "$ | $\alpha_{AK}^+, "$ | $\Delta\alpha^-, "$ | $\alpha_{AK}^-, "$ | $\Delta\delta_{n,i}^+, "$ | $\Delta\delta_{n,i}^-, "$ |
|-----|-----|---------------------|--------------------|---------------------|--------------------|---------------------------|---------------------------|
| 1   | 1   |                     |                    |                     |                    |                           |                           |
|     | 2   |                     |                    |                     |                    |                           |                           |
| .   | .   |                     |                    |                     |                    |                           |                           |
|     | k   |                     |                    |                     |                    |                           |                           |
| 2   | 1   |                     |                    |                     |                    |                           |                           |
|     | 2   |                     |                    |                     |                    |                           |                           |
| .   | .   |                     |                    |                     |                    |                           |                           |
|     | k   |                     |                    |                     |                    |                           |                           |
| ... | ... |                     |                    |                     |                    |                           |                           |
| N   | 1   |                     |                    |                     |                    |                           |                           |
|     | 2   |                     |                    |                     |                    |                           |                           |
| .   | .   |                     |                    |                     |                    |                           |                           |
|     | k   |                     |                    |                     |                    |                           |                           |

- выполнить измерения для двух направлений вращения: по (+) и против (-) часовой стрелки.

10.1.6 По данным таблицы 1 определить разность:

$$\Delta\delta_n^\omega = \Delta\alpha_{n,i}^\omega - \Delta\alpha_{AK,n,i}^\omega \quad (2)$$

где:

$i$  – число углов многогранной призмы от 1 до  $k$ ,

$n$  – номер реверсивного оборота от 1 до 10,

$\omega$  – индекс, указывающий направление вращения: по (+) и против (-) часовой стрелки.

10.1.7 Определить среднее значение погрешности измерений угла за один реверсивный оборот:

$$\bar{\Delta\delta}_{n,i} = \frac{\Delta\delta_{n,i}^+ + \Delta\delta_{n,i}^-}{2} \quad (3)$$

10.1.8 Определить среднее значение погрешности измерений  $i$ -го угла за 10 реверсивных оборотов по формуле:

$$\bar{\Delta\delta}_i = \frac{1}{10} \sum_{n=1}^{10} \bar{\Delta\delta}_{n,i} \quad (4)$$

10.1.9 Определить СКО измерения углов ( $S_i$ ) по формуле:

$$S_i = \sqrt{\frac{1}{10 \times (10-1)} \sum_{n=1}^{10} (\bar{\Delta\delta}_{n,i} - \bar{\Delta\delta}_i)^2} \quad (5)$$

Занести полученные значения в таблицу 6.

Таблица 6

| i | $\Delta \bar{\delta}_i, "$ | $S_i, "$ |
|---|----------------------------|----------|
| 1 |                            |          |
| 2 |                            |          |
| . |                            |          |
| . |                            |          |
| k |                            |          |

10.1.10 Из всех полученных значений  $S_i$  выбрать максимальное значение

$$S = \max \{S_i\} \quad (6)$$

10.1.11 Определить границы неисключенной систематической погрешности ( $\Theta$ ) результата измерений углов по формуле:

$$\Theta = 1,1 \cdot \left| \frac{(\Delta \bar{\delta}_{\max} - \Delta \bar{\delta}_{\min})}{2} \right| \quad (7)$$

где  $\Delta \bar{\delta}_{\max}$ ,  $\Delta \bar{\delta}_{\min}$  - соответственно максимальное и минимальное значения из таблицы 2.

10.1.12 Определить значение суммарной погрешности измерений углов по формуле

$$S_{\Sigma} = \sqrt{\frac{S_{AK}^2}{3} + \frac{S_{призм}^2}{3} + S^2 + \frac{\Theta^2}{3}} \quad (8)$$

где:  $S$  - случайная погрешность результата измерения, определяемая СКО результата измерения углов;

$\Theta$  - систематическая погрешность результата измерения;

$S_{AK}$  - суммарная погрешность автоколлиматора (берется из эксплуатационных документов автоколлиматора);

$S_{призм}$  - суммарная погрешность многогранной призмы.

10.1.13 Определить допускаемую абсолютную погрешность измерений углов поворота ( $\Delta$ ) для доверительной вероятности 0,95 по формуле (ГОСТ Р 8.736-2011):

$$\Delta = K \cdot S_{\Sigma} \quad (9)$$

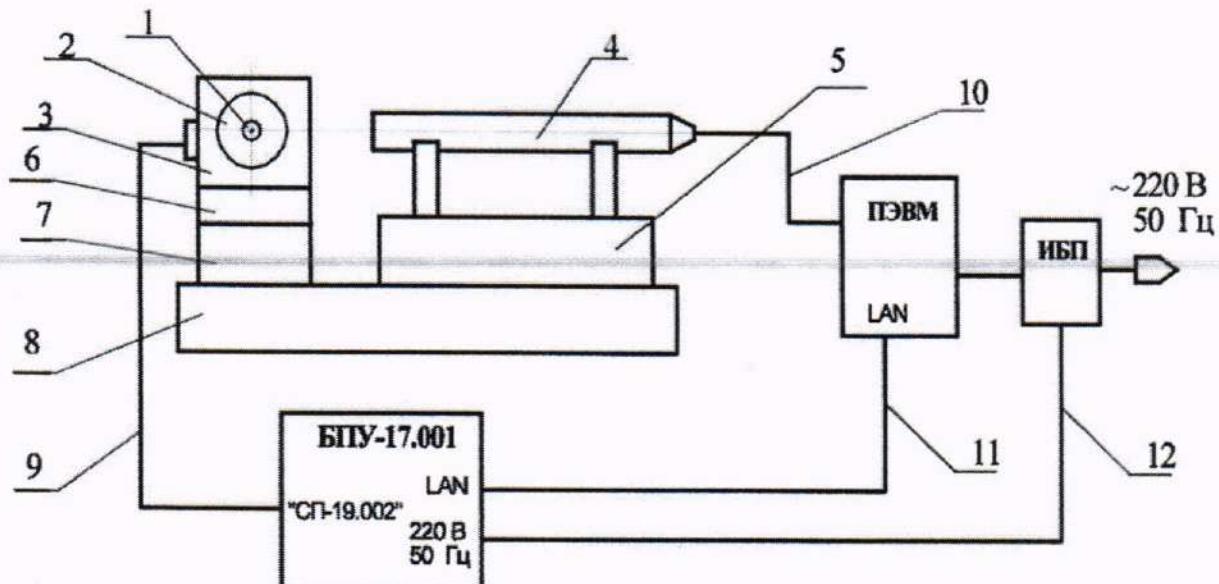
где  $K$  - коэффициент, зависящий от соотношения случайной  $S$  и систематической  $\Theta$  погрешностей по формуле:

$$K = \frac{t(N, 0.95) \cdot S + \Theta}{S + \Theta / \sqrt{3}} \quad (10)$$

где  $t(N, 0.95)$  - коэффициент Стьюдента для измерений, принадлежащих нормальному распределению, при доверительной вероятности 0,95. Для числа измерений  $N = 10$ ,  $t = 2,262$ .

10.1.14 Допускаемая абсолютная погрешность измерений углов поворота не должна превышать  $0,25"$  - для исполнений СПП-19.001А,  $0,5"$  - для исполнений СПП-19.001Б.

10.1.15 Установить и закрепить на плите в соответствии с рисунком 3 поворотный стол СП-19.002 и электронный автоколлиматор, при этом ось шпинделя поворотного стола СП-19.002 должна быть установлена горизонтально.



- 1 - держатель призмы НИМК.301524.001;  
 2 - многогранная призма;  
 3 - поворотный стол СП-19.002;  
 4 - цифровой автоколлиматор;  
 5 - основание НИМК.741234.001;  
 6 - подставка НИМК.301318.007;  
 7 - подставка НИМК.301318.005;  
 8 - плита;  
 9 - кабель ИУНЕ.685611.029;  
 10 - кабель из комплекта автоколлиматора;  
 11 - кабель LAN;  
 12 - кабель питания.

Рисунок 3

10.1.16 Повторить действия в соответствии с п.п. 4.2.2 – 4.2.13.

10.1.17 Допускаемая абсолютная погрешность измерений углов поворота не должна превышать 0,25" - для исполнений СПП-19.001А, 0,5" - для исполнений СПП-19.001Б.

10.2 Определение максимального отклонения от заданного угла поворота в автоматическом режиме

10.2.1 По результатам измерений, приведенных в таблице 2, определить предел отклонения от заданного угла поворота как максимальное значение из всех полученных  $\alpha_{n,i}^{\theta}$

$$\Delta_{\text{зад}} = \pm \max |\Delta \alpha_{n,i}^{\theta}| \quad (11)$$

10.2.2 Максимального отклонения от заданного угла поворота в автоматическом режиме для вертикальной и горизонтальной осей вращения не должно превышать  $\pm 0,5''$  для исполнений СПП-19.001А и  $\pm 1,0''$  для исполнений СПП-19.001Б.

10.3 Определение максимального отклонения от заданного угла поворота в ручном режиме.

10.3.1 Перед началом работы убеждаются, что:

- тормоз выключен - светодиод тормоза «(1)» на столе и в окне программы блока БПУ-17.001 не горит, в противном случае нажать кнопку Выключить тормоз;
- калибровка проведена - светодиод на столе и индикатор на кнопке (пиктограмме) Калибровка имеет зеленый цвет.

10.3.2 В поле измеренного угла на дисплее БПУ-17.001 определить исходное значение угла (произвольное).

10.3.3 С помощью маховика грубой установки, а затем маховичком точной доводки стола СП-19.002 осуществить поворот шпинделя стола на угол 120°00'00" относительно исходного, при этом за (3-5)" до достижения требуемого значения необходимо нажать кнопку Включить тормоз в окне рабочей программы БПУ-17.001 (светодиод тормоза «(1)» загорится красным цветом) и подвести стол в заданное положение с помощью маховичка точной наводки.

10.3.4 Контролировать точность выставки в заданное угловое положение по показаниям на дисплее блока БПУ-17.001 в поле измеренного угла. Выставку производят с максимально возможной точностью не хуже  $\pm 0,1''$ . Заносят измеренное значение угла в рабочий журнал.

10.3.5 Определить отклонение углового перемещения от заданного как разность значений заданного угла ( $120^{\circ}00'00,00''$ ) и измеренного.

10.3.6 Произвести последовательно еще два разворота на угол  $120^{\circ}00'00,00''$ , принимая за исходное предыдущее значение. Определить соответствующие значения отклонения.

10.3.7 Выбирать максимальное из трех вычисленных значений отклонения.

10.3.8 Максимальное отклонение от заданного угла поворота в ручном режиме должна быть не более  $\pm 0,1''$  для исполнений СПП-19.001А и  $\pm 0,5''$  для исполнений СПП-19.001Б.

10.4 Определение относительной погрешности измерений угловых скоростей, относительного отклонения угловой скорости от заданного, относительной нестабильности угловой скорости

10.4.1 Для диапазона скоростей от  $0,5^{\circ}/\text{с}$  до  $10,0^{\circ}/\text{с}$

10.4.1.1 Подключить частотомер ЧЗ-83/3 к соединителю  $\rightarrow$  (синхронизация) блока БПУ-17.001. Включить частотомер, на частотомере установить режим измерения периода.

10.4.1.2 Подготовить поворотный стол:

- убедиться, что стол СПП-19.001 включен, запущена программа «SPP.exe»;
- в окне рабочей программы блока БПУ-17.001 выбрать режим  $\omega$
- выбирать направление вращения – «+»; значение скорости  $0,5^{\circ}/\text{с}$ ;
- в поле Количество оборотов задать 7.

В поле Синхронизация (рисунок 4) задают: режим передачи  $\rightarrow$ ; Количество (импульсов) 11; отмечают опцию «НМ» (нулевая метка).



Рисунок 4

10.4.1.3 Задать начальное положение стола по грубому лимбу  $355^{\circ}$ . Нажать кнопку Пуск.

10.4.1.4 По показаниям частотомера определить период, соответствующий обороту шпинделя стола  $T_i$  с, где  $i$  - номер периода,  $i = 1, 2, \dots, 5$ .

10.4.1.5 Рассчитать скорость  $\Omega_i$  за оборот по формуле

$$\Omega_i = \frac{360}{T_i} \quad (12)$$

где  $i$  - номер замера,  $i = 1, \dots 5$

10.4.1.6 В режиме сценариев выбирать вкладку «скорость», и, используя значения из таблицы результатов, рассчитать значение измеренной столом угловой скорости  $\omega_{\text{изм}}$  по формуле

$$\omega_{\text{изм}} = \frac{360}{t_{i+1} - t_i} \quad (13)$$

где  $i = 1, 2, \dots 5$

10.4.1.7 Определить среднее значение скорости вращения шпинделя поворотного стола за оборот ( $360^\circ$ ), определенной по частотомеру, по формуле

$$\bar{\Omega} = \frac{1}{5} \sum_{i=1}^5 \Omega_i \quad (14)$$

10.4.1.8 Определить среднее значение скорости вращения шпинделя поворотного стола за оборот ( $360^\circ$ ), измеренное столом, по формуле

$$\bar{\omega} = \frac{1}{5} \sum_{i=1}^5 \omega_{\text{изм}i} \quad (15)$$

10.4.1.9 Определить относительное отклонение угловой скорости  $0,5^\circ/\text{с}$  от заданного, по формуле

$$\Delta_{\text{откл}}(\omega_{0,5}) = \frac{\omega_{\text{зад}} - \bar{\omega}}{\omega_{\text{зад}}} \cdot 100\% \quad (16)$$

10.4.1.10 Определить относительную нестабильность угловой скорости при угловом перемещении, равном  $360^\circ$ , по формуле

$$\delta_{\text{нестаб}}(\omega_{0,5}) = \frac{\bar{\omega} - \omega_{\text{изм},1}}{\bar{\omega}} \cdot 100\% \quad (17)$$

10.4.1.11 Определить относительную погрешность измерений угловой скорости  $0,5^\circ/\text{с}$

$$\delta_{\text{изм}}(\omega_{0,5}) = \frac{\bar{\Omega} - \bar{\omega}}{\bar{\Omega}} \cdot 100\% \quad (18)$$

10.4.1.12 Повторить операции для заданных значений угловых скоростей  $1,0^\circ/\text{с}$ ,  $5,0^\circ/\text{с}$  и  $10,0^\circ/\text{с}$ .

10.4.1.13 Повторить операции для противоположного направления вращения шпинделя стола.

Результаты представить в виде таблицы 7,  $n$  - номер испытания

Таблица 7

| n | $\omega_{\text{зад}}, ^\circ/\text{с}$ | $\bar{\omega}$ n |     | $\bar{\Omega}$ n |     | $\Delta_{\text{откл}}$ |     | $\delta_{\text{нестаб}}(\omega_n)$ |     | $\delta_{\text{изм}}(\omega_n)$ |     |
|---|--|------------------|-----|------------------|-----|------------------------|-----|------------------------------------|-----|---------------------------------|-----|
|   |  | «+»              | «-» | «+»              | «-» | «+»                    | «-» | «+»                                | «-» | «+»                             | «-» |
| 1 | 0,5                                    |                  |     |                  |     |                        |     |                                    |     |                                 |     |
| 2 | 1,0                                    |                  |     |                  |     |                        |     |                                    |     |                                 |     |
| 3 | 5,0                                    |                  |     |                  |     |                        |     |                                    |     |                                 |     |
| 4 | 10,0                                   |                  |     |                  |     |                        |     |                                    |     |                                 |     |

10.4.1.14 Определить максимальное значение относительного отклонения угловой скорости от заданного и относительную нестабильность угловой скорости для диапазона (0,5 – 10,0) °/с:

$$\delta_{\text{нестаб}}(\omega)_{\max} = \max |\delta_{\text{нестаб}}(\omega_n)|$$
$$\Delta_{\text{откл}}(\omega)_{\max} = \max |\Delta_{\text{откл}}(\omega_n)|$$
 (19)

Значения относительного отклонения угловой скорости от заданного и относительная нестабильность угловой скорости для диапазона (0,5 – 10,0) °/с должны быть не более 0,01%.

10.4.1.15 Определить максимальное значение относительной погрешности измерения угловой скорости в диапазоне (0,5 – 10,0) °/с:

$$\delta_{\text{изм}}(\omega)_{\max} = \max |\delta_{\text{изм}}(\omega_n)|$$
 (20)

Полученное значение должно быть не более 0,005%.

10.4.2 Для диапазона скоростей от 0,05 °/с до 0,1 °/с

10.4.2.1 Определение погрешности измерения угловой скорости, отклонение угловой скорости от заданного и нестабильность угловой скорости проводят при угловом перемещении 15°.

10.4.2.2 Перед началом убедиться, что:

- тормоз выключен - светодиод тормоза «①» на столе и в окне программы блока БПУ-17.001 не горит, в противном случае нажать кнопку **Выключить тормоз**;
- калибровка проведена - светодиод на столе и индикатор на кнопке (пиктограмме) Калибровка имеет зеленый цвет, в противном случае нажимают кнопку Калибровка.

10.4.2.3 В окне рабочей программы блока БПУ-17.001 выбрать режим сценариев открыть сценарий , из открывшегося списка выбрать Сценарий «Скорость 0,05 град/с+.txt».

10.4.2.4 Включить частотомер, на частотомере установить режим измерения периода.

10.4.2.5 В окне рабочей программы блока БПУ-17.001 нажать кнопку запуска сценария .

В соответствии со сценарием по достижении заданной скорости будет подана команда формирования двух синхроимпульсов (через угол 15°). По синхроимпульсам автоматически снимаются показания  $\alpha_i$  - текущее измеренное значение угла,  $t_i$  – время замера, которые записываются в файл результатов Замеры.txt.

10.4.2.6 По показаниям частотомера определить измеренный период между двумя импульсами синхронизации  $T_i$  с, где  $i$  - номер замера,  $i = 1, 2, 3, 4, 5$ .

10.4.2.7 В режиме выбрать вкладку «скорость», позволяющую вывести результаты в окне программы. Используя данные из файла, определить среднее значение скорости вращения шпинделя поворотного стола СП-19.002 на 15°, измеренное столом, по формуле:

$$\bar{\omega} = \frac{1}{5} \sum_{i=1}^5 \omega_{\text{изм},i} = \frac{1}{5} \sum_{i=1}^5 \frac{(\alpha_2 - \alpha_1)_i}{(t_2 - t_1)_i}$$
 (21)

где  $i$  – номер замера  $i=1, 2, 3, 4, 5$ ;

$(\alpha_2 - \alpha_1)_i$  - угол поворота шпинделя стола между двумя синхроимпульсами (15°) в  $i$ -том замере;

$(t_2 - t_1)_i$  – измеренный столом интервал времени между двумя синхроимпульсами в  $i$ -том замере.

10.4.2.8 Определить относительное отклонение угловой скорости 0,05%/с от заданного, по формуле:

$$\Delta_{\text{откл}}(\omega_{0,05}) = \frac{\bar{\omega} - \overline{\omega}}{\overline{\omega}} \cdot 100\% \quad (22)$$

10.4.2.9 Определить относительную нестабильность угловой скорости при угловом перемещении, равном 15°, по формуле

$$\delta_{\text{нестаб}}(\omega_{0,05}) = \frac{\bar{\omega} - \omega_{\text{изм},i}}{\bar{\omega}} \cdot 100\% \quad (23)$$

10.4.2.10 Используя результаты измерений угла и результаты измерений частотомером, рассчитать среднюю скорость, определенную по частотомеру, по формуле

$$\bar{\Omega} = \frac{1}{5} \sum_{i=1}^5 \frac{(\alpha_2 - \alpha_1)}{T_i} \quad (24)$$

где  $T_i$  – измеренный частотомером период между двумя импульсами синхронизации в  $i$ -том замере.

10.4.2.11 Определить относительную погрешность измерения угловой скорости 0,05 %/с.

$$\delta_{\text{изм}}(\omega_{0,05}) = \frac{\bar{\Omega} - \bar{\omega}}{\bar{\Omega}} \cdot 100\% \quad (25)$$

10.4.2.12 Аналогично произвести измерения для заданного значения угловой скорости 0,1°/с, выбирая файл сценария «Скорость 0,1 град/с+.txt».

10.4.2.13 Повторить операции для противоположного направления вращения шпинделя стола, выбирая соответствующие файлы сценариев «Скорость 0,05 град/с -.txt» и «Скорость 0,1 град/с -.txt»

10.4.2.14 Результаты измерений оформить в виде таблицы 8,  $n$  – номер испытания.

Таблица 8

| n | $\omega_{\text{зад}}, \text{°/с}$ | $\bar{\omega}_n$ |     | $\bar{\Omega}_n$ |     | $\Delta_{\text{откл}}$ |     | $\delta_{\text{нестаб}}(\omega_n)$ |     | $\delta_{\text{изм}}(\omega_n)$ |     |
|---|-----------------------------------|------------------|-----|------------------|-----|------------------------|-----|------------------------------------|-----|---------------------------------|-----|
|   |                                   | «+»              | «-» | «+»              | «-» | «+»                    | «-» | «+»                                | «-» | «+»                             | «-» |
| 1 | 0,05                              |                  |     |                  |     |                        |     |                                    |     |                                 |     |
| 2 | 0,1                               |                  |     |                  |     |                        |     |                                    |     |                                 |     |

10.4.2.15 Определить максимальное значение относительного отклонения угловой скорости от заданного и относительную нестабильность угловой скорости для диапазона (0,05 – 0,10) °/с:

$$\delta_{\text{нестаб}}(\omega)_{\max} = \max |\delta_{\text{нестаб}}(\omega_n)| \quad (26)$$

$$\Delta_{\text{откл}}(\omega)_{\max} = \max |\Delta_{\text{откл}}(\omega_n)|$$

Для этого диапазона – значения должны быть не более 0,05 %.

10.4.2.16 Определить максимальное значение относительной погрешности измерений угловой скорости в диапазоне (0,05 – 0,10) °/с:

$$\delta_{\text{изм}}(\omega)_{\max} = \max |\delta_{\text{изм}}(\omega_n)| \quad (27)$$

Полученное значение должно быть не более 0,005%

10.4.3 Для диапазона скоростей от 0,005 °/с до 0,01 °/с

10.4.3.1 Определение погрешности измерения угловой скорости, отклонение угловой скорости от заданного и нестабильность угловой скорости проводят при угловом перемещении 5°.

10.4.3.2 Перед началом работы убедиться, что:

- тормоз выключен - светодиод тормоза «①» на столе и в окне программы блока БПУ-17.001 не горит, в противном случае нажать кнопку **Выключить тормоз**;
- калибровка проведена - светодиод на столе и индикатор на кнопке (пиктограмме) Калибровка имеет зеленый цвет, в противном случае нажимают кнопку Калибровка.

10.4.3.3 В окне рабочей программы блока БПУ-17.001 выбрать режим сценариев 

выбирают открыть сценарий , из открывшегося списка выбирают Сценарий «Скорость 0,005 град/с +.txt».

10.4.3.4 В окне рабочей программы блока БПУ-17.001 нажать кнопку запуска сценария .

В соответствии с сценарием по достижении заданной скорости будет подана команда формирования двух синхроимпульсов (через угол 5°). По синхроимпульсам автоматически снимаются показания  $\alpha_i$  - текущее измеренное значение угла,  $t_i$  – время замера, которые записываются в файл результатов Замеры.txt.

10.4.3.5 По показаниям частотомера определить измеренный период между двумя импульсами синхронизации  $T_i$  с, где  $i$  - номер замера,  $i = 1, 2, 3$ .

10.4.3.6 В режиме  открыть вкладку «Скорость», позволяющую вывести результаты в окне программы. Используя данные из файла, определить среднее значение скорости вращения шпинделя поворотного стола СП-19.002 на 5°, измеренное столом, по формуле:

$$\bar{\omega} = \frac{1}{3} \sum_{i=1}^3 \omega_{\text{зам}i} = \frac{1}{3} \sum_{i=1}^3 \frac{(\alpha_2 - \alpha_1)_i}{(t_2 - t_1)_i} \quad (28)$$

где  $i$  – номер замера  $i=1, 2, 3$ ;

$(\alpha_2 - \alpha_1)_i$  – угол поворота шпинделя стола между двумя синхроимпульсами (5°) в  $i$ -том замере;

$(t_2 - t_1)_i$  – измеренный столом интервал времени между двумя синхроимпульсами в  $i$ -том замере.

10.4.3.7 Определить относительное отклонение угловой скорости 0,005 °/с от заданного, по формуле:

$$\Delta_{\text{откл}}(\omega_{0,005}) = \frac{\omega_{\text{зад}} - \bar{\omega}}{\omega_{\text{зад}}} \cdot 100\% \quad (29)$$

10.4.3.8 Определить относительную нестабильность угловой скорости при угловом перемещении, равном 5°, по формуле

$$\delta_{\text{нестаб}}(\omega_{0,005}) = \frac{\bar{\omega} - \omega_{\text{зам},i}}{\bar{\omega}} \cdot 100\% \quad (30)$$

10.4.3.9 Рассчитать среднюю скорость, определенную по частотомеру, по формуле:

$$\bar{\Omega} = \frac{1}{3} \sum_{i=1}^3 \frac{(\alpha_2 - \alpha_1)_i}{T_i} \quad (31)$$

где  $T_i$  – измеренный частотомером период между двумя импульсами синхронизации в  $i$ -том замере.

10.4.3.10 Определить относительную погрешность измерений угловой скорости 0,005 °/с.

$$\delta_{\text{изм}}(\omega_{0,005}) = \frac{\bar{\Omega} - \bar{\omega}}{\bar{\Omega}} \cdot 100\% \quad (32)$$

10.4.3.11 Аналогично произвести измерения для заданного значения угловой скорости 0,01°/с, выбирая файл сценария «Скорость 0,01 град/с+.txt».

10.4.3.12 Повторить измерения для противоположного направления вращения шпинделя стола, выбирая файлы сценариев «Скорость 0,005 град/с -.txt», «Скорость 0,01 град/с -.txt».

10.4.3.13 Результаты оформить в виде таблицы 9, п - номер испытания.

Таблица 9

| п | $\omega_{\text{зад.}} \text{ °/с}$ | $\bar{\omega}_n$ |     | $\bar{\Omega}_n$ |     | $\Delta_{\text{откл}}$ |     | $\delta_{\text{нестаб}}(\omega_n)$ |     | $\delta_{\text{изм}}(\omega_n)$ |     |
|---|------------------------------------|------------------|-----|------------------|-----|------------------------|-----|------------------------------------|-----|---------------------------------|-----|
|   |                                    | «+»              | «-» | «+»              | «-» | «+»                    | «-» | «+»                                | «-» | «+»                             | «-» |
| 1 | 0,005                              |                  |     |                  |     |                        |     |                                    |     |                                 |     |
| 2 | 0,01                               |                  |     |                  |     |                        |     |                                    |     |                                 |     |

10.4.3.14 Определить максимальное значение относительного отклонения угловой скорости от заданного и относительную нестабильность угловой скорости для диапазона (0,005 – 0,01)°/с :

$$\delta_{\text{нестаб}}(\omega)_{\text{max}} = \max |\delta_{\text{нестаб}}(\omega_n)| \quad (33)$$

$$\Delta_{\text{откл}}(\omega)_{\text{max}} = \max |\Delta_{\text{откл}}(\omega_n)|$$

Значения должны быть не более 0,1 %.

10.4.3.15 Определить максимальное значение относительной погрешности измерений угловой скорости (0,005 – 0,01)°/с:

$$\delta_{\text{изм}}(\omega)_{\text{max}} = \max |\delta_{\text{изм}}(\omega_n)| \quad (34)$$

Полученное значение должно быть не более 0,005%.

10.5 Определение погрешности измерений интервала между сигналами СТАРТ-СТОП и периода следования этих сигналов

10.5.1 Длительность интервала между сигналами СТАРТ-СТОП, поступающими на вход блока БПУ-17.001 с выходов генератора определяют с помощью частотомера, следующим образом:

- соединитель **Выход 1** блока генератора через разветвитель подключить к соединителю **Старт 1** блока БПУ-17.001 и к входу 1 частотомера Agilent 53131a;
- соединитель **Выход 2** блока генератора через разветвитель подключить к соединителю **Стоп 1** блока БПУ-17.001 и к входу 2 частотомера;
- подключить генератор и частотомер к сети питания;
- включить питание генератора и частотомера, нажав кнопку «Сеть», пройдет диагностическая самопроверка генератора и частотомера;
- выдержать генератор и частотомер во включенном состоянии не менее 2 часов;

10.5.2 Установить на генераторе выходной сигнал со следующими параметрами:

На первом канале:

- амплитуда -10 В
- частота - 0,1 Гц
- смещение - 0 В
- длительность импульса 50%
- фаза сигнала - 0°

На втором канале:

- амплитуда -10 В
- частота - 0,1 Гц
- смещение - 0 В

- длительность импульса 50%

- фаза сигнала - 180°

Нажать на кнопку выход сигнала.

10.5.3 Установить на частотомере уровень входного сигнала (триггер) 1 В на двух каналах.

10.5.4 После выполнения указанных операций на дисплее частотомера определяют интервал между импульсами СТАРТ-СТОП, поступающими на вход блока БПУ-17.001 с выходов генератора.

10.5.4.1 В меню на дисплее блока БПУ-17.001 выбирают режим  $\text{ЛГ}$ , вид экрана приведен на рисунке 5.



Рисунок 5

в окне Канал 1 будет отображаться:

- в поле Интервал – фазовый сдвиг между импульсами Старт и Стоп в мкс (составляет  $\frac{1}{2}$  периода);

- в поле Период – период следования импульсов Старт /Стоп – (должен быть неизменным для данной частоты) в мкс.

Значения интервала и периода на частоте 0,1 Гц между импульсами СТАРТ-СТОП, измеренные частотометром, и одновременно снятые на дисплее блока БПУ-17.001 не должны отличаться более чем на 0,01 мкс.

10.5.5 Аналогично произвести измерения для заданных значений частот генератора 1 Гц, 10 Гц, 100 Гц, 1 кГц, 5 кГц, 10 кГц.

10.5.6 Аналогично провести измерения для Канала 2, подключая генератор к контактам Старт 2, Стоп 2 блока БПУ-17.001.

10.5.7 Результаты оформляют в виде таблицы 10, п - номер испытания.

Таблица 10

| n | Генератор<br>частота, Гц | Частотомер     |                  | БПУ-17.001 (ка-<br>нал 1) |                  | БПУ-17.001 (ка-<br>нал 2) |                  |
|---|--------------------------|----------------|------------------|---------------------------|------------------|---------------------------|------------------|
|   |                          | Период,<br>мкс | Интервал,<br>мкс | Период,<br>мкс            | Интервал,<br>мкс | Период,<br>мкс            | Интервал,<br>мкс |
| 1 | 0,1                      |                |                  |                           |                  |                           |                  |
| 2 | 1                        |                |                  |                           |                  |                           |                  |
| 3 | 10                       |                |                  |                           |                  |                           |                  |
| 4 | 100                      |                |                  |                           |                  |                           |                  |
| 5 | 1000                     |                |                  |                           |                  |                           |                  |
| 6 | 5000                     |                |                  |                           |                  |                           |                  |
| 7 | 10000                    |                |                  |                           |                  |                           |                  |

10.5.8 Абсолютная погрешность измерений интервала между сигналами СТАРТ-СТОП и периода следования этих сигналов не должна превышать  $\pm 0,01$  мкс.

## 11 Оформление результатов поверки

11.1 При положительных результатах поверки, проведённой в соответствии с настоящей методикой, оформляется протокол поверки произвольной формы.

11.2 При отрицательных результатах поверки стол признают непригодным к применению и выдают извещение о непригодности установленного образца с указанием причин непригодности.

11.3 Сведения о результатах поверки, в том числе об объеме проведенной поверки, передают в Федеральный информационный фонд по обеспечению единства измерений в установленном порядке.

11.4 По заявлению владельца средств измерений или лица, представившего их на поверку в случае положительных результатов поверки (подтверждено соответствие средств измерений метрологическим требованиям) наносит знак поверки и выдает свидетельства о поверке, оформленные в соответствии с требованиями к содержанию свидетельства о поверке и (или) в паспорт (формуляр) средств измерений вносит запись о проведенной поверке или в случае отрицательных результатов поверки (не подтверждено соответствие средств измерений метрологическим требованиям) выдает извещения о непригодности к применению средства измерений.