

**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  
«13» февраля 2022 г.  
м.п.



Государственная система обеспечения единства измерений

**ИЗМЕРИТЕЛИ КРУТЯЩЕГО МОМЕНТА СИЛЫ М**

Методика поверки  
МП 253-0005-2021

Руководитель НИО

\_\_\_\_\_  
А. А. Янковский

Заместитель руководителя НИО

\_\_\_\_\_  
Д. Б. Пухов

Санкт-Петербург  
2022 г.

## Оглавление

1 ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ .....	3
2.ПЕРЕЧЕНЬ ОПЕРАЦИЙ ПОВЕРКИ СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ.....	4
3 ТРЕБОВАНИЯ К УСЛОВИЯМ ПРОВЕДЕНИЯ ПОВЕРКИ .....	4
4 ТРЕБОВАНИЯ К СПЕЦИАЛИСТАМ, ОСУЩЕСТВЛЯЮЩИМ ПОВЕРКУ .....	5
5 МЕТРОЛОГИЧЕСКИЕ И ТЕХНИЧЕСКИЕ ТРЕБОВАНИЯ А СРЕДСТВАМ ПОВЕРКИ .....	5
6 ТРЕБОВАНИЯ (УСЛОВИЯ) ПО ОБЕСПЕЧЕНИЮ БЕЗОПАСНОСТИ ПРОВЕДЕНИЯ ПОВЕРКИ.....	6
7 ВНЕШНИЙ ОСМОТР СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ .....	6
8 ПОДГОТОВКА К ПОВЕРКЕ И ОПРОБОВАНИЕ СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ .....	7
9 ПРОВЕРКА ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ.....	7
10 ОПРЕДЕЛЕНИЕ МЕТРОЛОГИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ И ПОДТВЕРЖДЕНИЕ СООТВЕТСТВИЯ ОБЯЗАТЕЛЬНЫМ МЕТРОЛОГИЧЕСКИМ ТРЕБОВАНИЯМ .....	8
10.1 Определение основной приведённой к ВП погрешности измерений крутящего момента силы при цифровом отсчёте. Проверка верхнего предела диапазона измерений крутящего момента силы.....	8
10.2 Определение относительной погрешности измерений частоты вращения. Проверка диапазона измерений частоты вращения .....	9
10.3 Определение основной погрешности преобразований текущего значения крутящего момента силы в аналоговый сигнал. Проверка диапазона выходного сигнала при преобразовании крутящего момента силы.....	11
11. ОФОРМЛЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ПОВЕРКИ .....	13
ПРИЛОЖЕНИЕ А .....	14

## 1 ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

1.1 Настоящая методика поверки распространяется на измерители крутящего момента силы  $M$  (далее по тексту – измерители), изготавливаемые ООО «ТИЛКОМ», устанавливает объём и порядок проведения поверки прямым методом.

1.2 Настоящая методика поверки должна обеспечивать прослеживаемость измерителей крутящего момента силы  $M$  к государственному первичному эталону единицы крутящего момента силы ГЭТ 149-2010, в соответствии с государственной поверочной схемой, утверждённой приказом Росстандарта от 31.07.2019 № 1794 в диапазоне до 20 кН·м включительно, к государственному первичному эталону единицы длины-метр ГЭТ 2-2021 в соответствии с государственной поверочной схеме для средств измерений длины в диапазоне от  $1 \cdot 10^{-9}$  до 100 м и длин волн в диапазоне от 0,2 до 50 мкм, часть 2, утверждённой приказом Росстандарта от 29.12.2018 № 2840 «Об утверждении Государственной поверочной схемы для средств измерений длины в диапазоне от 1 до  $10^{-9}$  до 100 м и длин волн в диапазоне от 0,2 до 50 мкм» (часть 2), к государственному первичному эталону силы ГЭТ 32-2011 в соответствии с государственной поверочной для средств измерений силы, утверждённой приказом Росстандарта от 22.10.2019 № 2498 в диапазоне свыше 20 кН·м и к государственному первичному специальному эталону единицы угловой скорости ГЭТ 108-2019 в соответствии с приказом Росстандарта от 27.12.2019 № 2284.

1.3. Методикой поверки не предусмотрена возможность проведения поверки отдельных измерительных каналов и (или) отдельных автономных блоков из состава средства измерений для меньшего числа измеряемых величин или на меньшем числе поддиапазонов измерений.

1.4. Перед началом работы необходимо ознакомиться с настоящей методикой, эксплуатационной документацией на измеритель крутящего момента силы  $M$ , техническим описанием средства измерений и оборудования, используемых при проведении поверки.

1.5. В методике поверки приняты следующие сокращения:

- МП – методика поверки;

- ЭД – эксплуатационная документация;

- измеритель - измерители крутящего момента силы бесконтактные  $M$ ;

- эталон – государственный рабочий эталон 1-го разряда единицы крутящего момента силы в диапазоне значений от 1 до 300 кН·м, диапазон воспроизведения крутящего момента силы от 1 до 300 кН·м, относительная погрешность эталона  $\delta_0$  при доверительной вероятности 0,95  $\delta_0(95)=0,1 \%$

## 2 ПЕРЕЧЕНЬ ОПЕРАЦИЙ ПОВЕРКИ СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ

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

Таблица 1 – Операции при проведении поверки

Наименование операции	Обязательность проведения операции при поверке		Пункт пункта МП
	Первичной	Периодической	
Внешний осмотр, проверка комплектности и маркировки.	да	да	7
Проверка программного обеспечения	да	да	9
Опробование	да	да	8.2
Определение основной приведённой к ВП погрешности измерений крутящего момента силы при цифровом отсчёте. Проверка диапазона измерений	да	да	10.1
Определение относительной погрешности измерений частоты вращения. Проверка диапазона измерений частоты вращения	да	да	10.2
Определение основной погрешности преобразований текущего значения крутящего момента силы в аналоговый сигнал. Проверка диапазона выходного сигнала при преобразовании крутящего момента силы	да	да	10.3

## 3 ТРЕБОВАНИЯ К УСЛОВИЯМ ПРОВЕДЕНИЯ ПОВЕРКИ

3.1 При проведении поверки должны быть выполнены условия:

- температура воздуха, °С 20±5
- относительная влажность воздуха, не более 80

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

3.3 Перед проведением поверки должны быть выполнены следующие подготовительные работы:

- проверка наличия поверочного оборудования и вспомогательных устройств (приспособлений), перечисленных в таблице.2;
- проверка наличия действующих свидетельств (отметок) о поверке используемых средств измерений и действующих аттестатов для эталонов;
- подготовка измерителя крутящего момента силы М, средств измерений и вспомогательных устройств, входящих в состав поверочного оборудования, в соответствии с их эксплуатационной документацией.

#### 4 ТРЕБОВАНИЯ К СПЕЦИАЛИСТАМ, ОСУЩЕСТВЛЯЮЩИМ ПОВЕРКУ

4.1 К проведению поверки могут быть допущены лица, прошедшие обучение по теме "Поверка средств измерений" и имеющие практический опыт проведения измерений в данной области.

4.2 Сотрудники, проводящие поверку, должны изучить правила работы с поверяемым средством измерений и обладать соответствующей квалификацией для работы с эталонным и испытательным оборудованием.

#### 5 МЕТРОЛОГИЧЕСКИЕ И ТЕХНИЧЕСКИЕ ТРЕБОВАНИЯ А СРЕДСТВАМ ПОВЕРКИ

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

Таблица 2 – Перечень средств измерений

Номер пункта МП	Наименование средства поверки и его тип	Основные метрологические характеристики
п.10 Определение метрологических характеристик	Государственный рабочий эталон единицы крутящего момента силы в диапазоне значений от 1 до 300 кН·м, 3.1.ZZB.0287.2019.	Диапазон значений крутящего момента силы, в котором эталон хранит и передаёт единицу, составляет от 1 до 300 кН·м, $\delta_0(0,95)$ не более 0,1 %.
	Мультиметр цифровой 34450A	Диапазон измерений постоянных напряжений от 100 мВ до 1000 В, пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений напряжения $\pm 0,015$ мВ. Диапазон измерений силы постоянного тока от 100 мкА до 10 А, пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений силы постоянного тока $\pm 0,05$ мА Регистрационный номер в федеральном информационном фонде по обеспечению единства измерений 55261-13
	Генератор сигналов произвольной формы 33220A	Диапазон измерений от 0 до 10 МГц, пределы допускаемой основной относительной погрешности измерений частоты $\pm 2,0 \cdot 10^{-5}$ . Регистрационный номер в Федеральном информационном фонде по обеспечению единства измерений 32993-09.

Номер пункта МП	Наименование средства поверки и его тип	Основные метрологические характеристики
	Частотомер электронно- счётный 53131А	Диапазон измерений от 0 до 225 МГц, пределы допускаемой основной относительной погрешности измерений частоты $\pm 5,0 \cdot 10^{-6}$ . Регистрационный номер в федеральном информационном фонде по обеспечению единства измерений 26211-03.
п. 8 Контроль условий поверки	Термогигрометр электронный CENTER модели 310	Диапазон измерений от минус 20 до плюс 60, пределы допускаемой абсолютной погрешности результата измерений температуры $\pm 0,7^\circ\text{C}$ , пределы допускаемой абсолютной погрешности результата измерений относительной влажности $\pm 3\%$ . Регистрационный номер в федеральном информационном фонде по обеспечению единства измерений 22129-09.
Примечание – Допускается использовать при поверке другие утверждённые и аттестованные эталоны единиц величин, средства измерений утверждённого типа и поверенные, удовлетворяющие метрологическим требованиям, указанным в таблице		

## 6 ТРЕБОВАНИЯ (УСЛОВИЯ) ПО ОБЕСПЕЧЕНИЮ БЕЗОПАСНОСТИ ПРОВЕДЕНИЯ ПОВЕРКИ

6.1 Во время подготовки к поверке и при её проведении необходимо соблюдать «Правила техники безопасности и производственной санитарии в электронной промышленности».

6.2 При проведении поверки необходимо соблюдать «Правила техники безопасности при эксплуатации электроустановок потребителей», требования, установленные ГОСТ 12.2.007.0 и специальные требования, изложенные в ЭД наверяемый измеритель.

## 7 ВНЕШНИЙ ОСМОТР СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ

7.1 При внешнем осмотре должно быть установлено:

- отсутствие видимых внешних повреждений измерителя, влияющих на его эксплуатационные характеристики и внешний вид;
- отсутствие видимых повреждений соединительных фланцев, препятствующих их подсоединению к тракту передачи крутящего момента.

7.2 Проверка комплектности и маркировки выполняется визуально. Измеритель, подлежащий поверке, должен быть полностью укомплектован, иметь чёткую маркировку и комплект ЭД.

Измеритель крутящего момента силы М считается прошедшим поверку по пункту 7, если его комплектность и маркировка соответствуют требованиям ЭД.

## 8 ПОДГОТОВКА К ПОВЕРКЕ И ОПРОБОВАНИЕ СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ

8.1 Перед проведением поверки должны быть выполнены следующие подготовительные работы:

- проверка наличия поверочного оборудования и вспомогательных устройств (приспособлений), перечисленных в п.5;
- проверка наличия действующих свидетельств (отметок) о поверке используемых средств измерений;
- проверка соблюдения требований п.3;
- проверка наличия на корпусе измерителя этикетки с товарным знаком фирмы-изготовителя;
- подготовка к работе поверяемого измерителя, средств измерений и вспомогательных устройств, входящих в состав поверочного оборудования, в соответствии с их эксплуатационной документацией.

### 8.2 Опробование

При проведении опробования должна быть установлена работоспособность измерителя.

8.2.1 Подготовить измеритель к работе в соответствии с ЭД.

8.2.2 Установить измеритель на эталон и провести нагружение значением крутящего момента силы  $0,5 \cdot M_E$  ( $M_E$  - верхний предел диапазона измерений поверяемого измерителя). Выдержать измеритель под нагрузкой в течении  $40 \pm 10$  секунд.

8.2.3 Проконтролировать выходной сигнал с измерителя. Показания измерителя под нагрузкой должны изменяться не более чем на 2 единицы младшего разряда.

Измеритель крутящего момента силы  $M$  считается прошедшим поверку по п. 8, если подтверждена его работоспособность и его комплектность соответствует перечню, приведённому в ЭД.

## 9 ПРОВЕРКА ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ

9.1 Подготовить измеритель к работе в соответствии с ЭД.

9.2 Подать напряжение питания на блок индикации. После включения блока индикации нажать кнопку «Режим». На дисплее блока индикации будет приведена информация об используемом ПО- наименование и номер версии.

9.3 Сравнить наименование и версию программного обеспечения, отображённую на дисплее блока индикации с данными, приведёнными в таблице 3. Для индикатора Т50 проверка ПО производится сличением информации, приведённой на шильдике индикатора с данными, приведёнными в таблице 3.

9.4 Для проверки идентификационных данных автономного ПО надо загрузить ПО «Датчик» и перейти на вкладку «Помощь», «О программе.»

9.5 Сравнить наименование и версию программного обеспечения, отображённую на мониторе компьютера с данными, приведёнными в таблице 3.

Таблица 3 – Идентификационные данные ПО

Идентификационные признаки	Значение			
	Автономное ПО	Встроенное ПО		
		T40, T41	T42	T50
Идентификационное наименование ПО	Датчик	-	-	Блок индикации T50
Номер версии (идентификационный номер) ПО	4.2.2.3 не ниже	TX.V1	61 не ниже	-

Измеритель крутящего момента силы М считается прошедшим поверку по п. 9, если наименование и версия ПО соответствуют требованиям, приведённым в таблице 3.

## 10 ОПРЕДЕЛЕНИЕ МЕТРОЛОГИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ И ПОДТВЕРЖДЕНИЕ СООТВЕТСТВИЯ ОБЯЗАТЕЛЬНЫМ МЕТРОЛОГИЧЕСКИМ ТРЕБОВАНИЯМ

10.1 Определение основной приведённой к ВП погрешности измерений крутящего момента силы при цифровом отсчёте. Проверка диапазона измерений

При определении основной погрешности измерений крутящего момента силы результат измерений считывается непосредственно с индикатора блока индикации.

10.1.1 Установить измеритель на эталон.

10.1.2 Подготовить измеритель к работе в соответствии с его ЭД.

10.1.3 Провести измерение нулевого значения измерителя (без нагружения). Полученный результат занести в таблицу 4.

10.1.4 Провести нагружение (прямой ход) измерителя значениями крутящего момента силы от нуля до  $M_E$  ( $M_E$  - верхний предел диапазона измерений поверяемого измерителя), при этом число точек нагружения должно быть не менее пяти. Затем провести разгружение (обратный ход) теми же значениями до нуля. Нагружения и разгружения проводить плавно (без ударов и рывков). Время измерения в каждой точке должно быть не менее 30 с. Перемены направления подходов к точкам нагружения не допускаются. В случае несоблюдения этого требования цикл повторяют. Количество циклов  $n$  – не менее трёх. В процессе нагружения и разгружения снимать показания текущего значения с блока индикации  $m_{k,i}$  и  $m'_{k,i}$  и заносить в таблицу 4.

Таблица 4 – Результаты измерений крутящего момента силы

№, $i$	Заданное значение $M_i$ , Н·м или кН·м	Измеренное значение $m_{k,i}$ (прямой ход) и $m'_{k,i}$ (обратный ход), Н·м или кН·м			$\gamma(M_i)$ , %
		$m_{1,i}$ $m'_{1,i}$	$m_{2,i}$ $m'_{2,i}$	$m_{3,i}$ $m'_{3,i}$	
0	0				
1					
2					
...					
$i(0,5M_E)$	$0,5 \cdot M_E$				
...					
$i(M_E)$	$M_E$				
...					
$i(0,5M_E)$	$0,5 \cdot M_E$				
...					
2					
1					
0	0				

10.1.5 По результатам измерений определить среднее арифметическое значение результата измерений крутящего момента силы для прямого и обратного хода:



$$\bar{m}_i = \frac{1}{n} \sum_{k=1}^n (m_{k,i} - m_{k,0}), \quad (1)$$

$$\bar{m}'_i = \frac{1}{n} \sum_{k=1}^n (m'_{k,i} - m'_{k,0}), \quad (2)$$

Определить систематическую составляющую абсолютной погрешности из соотношения

$$\Delta_{\text{ст.}i} = \left| \frac{(\bar{m}_i + \bar{m}'_i)}{2} - M_i \right|, \quad (3)$$

где  $M_i$  - заданное значение крутящего момента силы в  $i$ -ой точке нагружения.

Определить среднеквадратическое отклонение случайной составляющей абсолютной погрешности с учётом вариации показаний по формуле

$$S_{\text{ст.}i} = \sqrt{\frac{\sum_{k=1}^n (m_{k,i} - \bar{m}_i)^2 + \sum_{k=1}^n (m'_{k,i} - \bar{m}'_i)^2}{2 \cdot n - 1} + \frac{(\bar{m}_i - \bar{m}'_i)^2}{12}}. \quad (4)$$

10.1.6 Определить абсолютную погрешность измерений крутящего момента силы по формуле

$$\Delta_i = 2 \cdot S_{\Sigma,i}. \quad (5)$$

где  $S_{\Sigma}$  - оценка суммарного среднеквадратического отклонения:

$$S_{\Sigma,i} = \sqrt{\frac{\Delta_{\text{ст.}i}^2}{3} + S_{\text{ст.}i}^2}. \quad (6)$$

10.1.7 Определить погрешность измерений крутящего момента силы как приведённую к верхнему значению диапазона измерений

$$\gamma_i = \frac{\Delta_i}{M_E} \cdot 100. \quad (7)$$

10.1.8 Определить максимальное значение приведённой погрешности измерений крутящего момента силы

$$\gamma = \max |\gamma_i|. \quad (8)$$

10.1.9 За верхний предел измерений крутящего момента силы принять значение  $M_E$  при условии, что погрешность измерений крутящего момента силы  $\gamma$  не превышает значений, указанных в ЭД.

Измеритель крутящего момента силы  $M$  считается прошедшим поверку по пункту 10.1, если его погрешность измерений крутящего момента силы не превышает значений, указанных в ЭД на измеритель.

10.2 Определение относительной погрешности измерений частоты вращения. Проверка диапазона измерений частоты вращения

Определение относительной погрешности измерений частоты вращения проводится для измерителей модификации  $M$ .

10.2.1 Для определения относительной погрешности измерения частоты вращения датчика в комплекте с индикатором Т40 собрать схему, приведённую на рисунке 1. Излучатель Е40 направить на инфракрасный приёмник ротора измерителя.

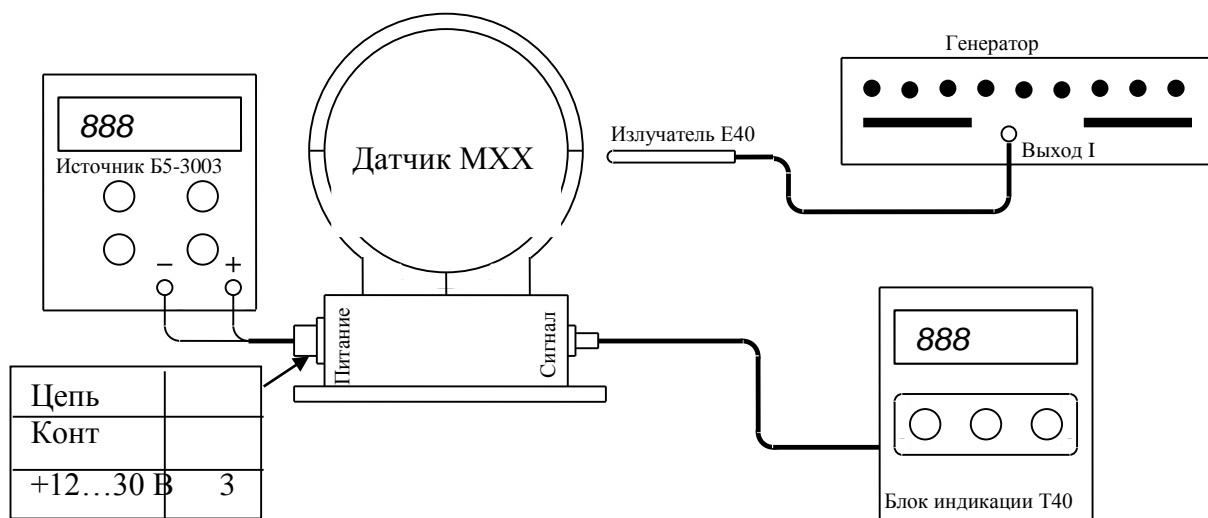


Рисунок 1 – Схема включения датчика М40 с подключением к индикатору Т40 для проверки относительной погрешности измерения частоты вращения

10.2.2 Задать ряд значений частоты генератора от 30 до  $n_E = 2000$  об/мин ( $n_E$  – верхний предел диапазона измерений испытуемого измерителя, указанный в ЭД). В каждой точке фиксировать показания текущего значения частоты вращения индикатора Т40  $N_{k,i}$  и заносить в таблицу 5. Количество измерений-три.

Таблица 5 – Результаты измерений частоты вращения

№, $i$	Заданная частота вращения, $n_{зад,i}$ , об/мин	Измеренное значение частоты вращения, $N_{k,i}$ , об/мин			$\bar{N}_i$ , об/мин	$\delta(N_i)$ , %
		$N_{1,i}$	$N_{2,i}$	$N_{3,i}$		
1	30					
2						
...						
$i(n_E)$	$n_E$					

10.2.3 По результатам измерений определить среднее значение частоты вращения по формуле

$$\bar{N}_i = \frac{1}{3} \sum_{k=1}^3 N_{k,i} \quad (9)$$

10.2.4 Определить относительную погрешность измерений частоты вращения для каждого заданного значения частоты генератора

$$\delta(N_i) = \frac{(\bar{N}_i - n_{зад,i})}{n_{зад,i}} \cdot 100, \quad (10)$$

где  $\bar{N}_i$  – среднее значение частоты вращения  $i$ -ой точки;  
 $n_{зад,n}$  – заданное значение частоты вращения.

10.2.5 Определить максимальное значение относительной погрешности измерений частоты вращений из соотношения

$$\delta(N) = \max|\delta(N_i)|. \quad (11)$$

Измеритель крутящего момента силы М считается прошедшим поверку по пункту 10.2, если относительная погрешность измерений частоты вращения не более 0,1 % в диапазоне от 30 до 2000 об/мин.

10.3 Определение основной погрешности преобразований текущего значения крутящего момента силы в аналоговый сигнал. Проверка диапазона выходного сигнала при преобразовании крутящего момента силы

При определении погрешности преобразований крутящего момента силы в сигналы постоянного тока или напряжения к блоку индикации Т42 необходимо подключить мультиметр с диапазоном измерений силы постоянного тока до 100 мА и напряжения  $\pm 10$  В.

При определении погрешности преобразований крутящего момента силы в частоту следования импульсов к блоку индикации Т42 необходимо подключить частотомер.

В данном пункте описана процедура проведения поверки при определении погрешности преобразования крутящего момента силы в сигнал постоянного тока. Определение погрешности преобразования крутящего момента силы в сигнал постоянного напряжения или в частоту следования импульсов выполняется аналогично.

10.3.1 Установить датчик на эталон.

10.3.2 Подготовить датчик к работе в соответствии с его ЭД. Подключить индикатор Т42.

10.3.3 Провести измерение нулевого значения выходного сигнала с измерителя (без нагружения). Полученный результат занести в таблицу 6.

10.3.4 Провести нагружение (прямой ход) датчика значениями крутящего момента силы от нуля до  $M_E$  ( $M_E$  - верхний предел диапазона измерений испытуемого измерителя), при этом число точек нагружения должно быть не менее пяти. Затем провести разгружение (обратный ход) теми же значениями до нуля. Нагружения и разгружения проводить плавно (без ударов и рывков). Время измерения в каждой точке должно быть не менее 30 с. Перемены направления подходов к точкам нагружения не допускаются. В случае несоблюдения этого требования цикл повторить. Количество циклов  $n$  – не менее трёх. В процессе нагружения и разгружения снимать показания текущего значения тока с мультиметра  $I_{k,i}$  и  $I'_{k,i}$  и заносить в таблицу 6.

Таблица 6 – Результаты измерений преобразований крутящего момента силы в сигнал постоянного тока

№, $i$	Заданное значение $M_i$ , Н·м, кН·м	$I_{НОМ,i}$ , мА	Измеренное значение $I_{k,i}$ (прямой ход) и $I'_{k,i}$ (обратный ход), мА			$\gamma^I(M_i)$ , %
			$I_{1,i}$ , $I'_{1,i}$	$I_{2,i}$ , $I'_{2,i}$	$I_{3,i}$ , $I'_{3,i}$	
0	0					
1						
2						
...						
$i(0,5M_E)$	$0,5 \cdot M_E$					
...						
$i(M_E)$	$M_E$					
...						
$i(0,5M_E)$	$0,5 \cdot M_E$					
...						
2						
1						
0	0					

10.3.5 Вычислить номинальные значения выходного сигнала постоянного тока, соответствующие проверяемым точкам диапазона преобразований по формуле

$$I_{\text{НОМ},i} = M_i \cdot \frac{I_{\text{В}} - I_0}{M_{\text{Е}}} + I_0, \quad (12)$$

где  $I_{\text{В}}$  и  $I_0$  – верхний и нижний пределы диапазона преобразования выходного сигнала, мА;

$M_{\text{Е}}$  – верхний предел диапазона измерений испытываемого измерителя, Н·м;

$M_i$  – заданное значение крутящего момента силы, Н·м.

9.3.6 По результатам измерений определить среднее арифметическое значение постоянного тока для прямого и обратного хода

$$\bar{I}_l = \frac{1}{n} \sum_{k=1}^n (I_{k,i} - I_{k,0}), \quad (13)$$

$$\bar{I}'_l = \frac{1}{n} \sum_{k=1}^n (I'_{k,i} - I'_{k,0}). \quad (14)$$

Определить систематическую составляющую абсолютной погрешности из соотношения

$$\Delta_{\text{ст},i}^I = \left| \frac{(\bar{I}_l + \bar{I}'_l)}{2} - I_{\text{НОМ},i} \right|, \quad (15)$$

где  $I_{\text{НОМ},i}$  — номинальные значения постоянного тока в  $i$ -ой точке нагружения. Определить среднеквадратическое отклонение результата измерений с учётом вариации показаний по формуле

$$S_{\text{ст},i}^I = \sqrt{\frac{\sum_{k=1}^n (I_{k,i} - \bar{I}_l)^2 + \sum_{k=1}^n (I'_{k,i} - \bar{I}'_l)^2}{2n-1} + \frac{(\bar{I}_l - \bar{I}'_l)^2}{12}}. \quad (16)$$

10.3.7 Определить абсолютную погрешность преобразований крутящего момента силы в сигнал постоянного тока по формуле

$$\Delta_i^I = 2 \cdot S_{\Sigma,i}, \quad (17)$$

где  $S_{\Sigma}$  – оценка суммарного среднеквадратического отклонения:

$$S_{\Sigma,i} = \sqrt{\frac{\Delta_{\text{ст},i}^I{}^2}{3} + S_{\text{ст},i}^I{}^2}. \quad (18)$$

10.3.8 Определить погрешность преобразований крутящего момента силы как

$$\gamma_i^I = \frac{\Delta_i^I}{I_{\text{В}}} \cdot 100. \quad (19)$$

10.3.9 Определить максимальное значение приведённой и относительной погрешности преобразований крутящего момента силы в сигнал постоянного тока

$$\gamma^I = \max |\gamma_i^I|. \quad (20)$$

Измеритель крутящего момента силы  $M$  считается прошедшим поверку по пункту 10.3, если погрешность преобразования крутящего момента силы в аналоговый сигнал не превышает значений, указанных в ЭД. При этом за диапазон преобразований в сигнал постоянного тока принимается диапазон от 4 до 20 мА, в сигнал постоянного напряжения –  $\pm 10$  ( $\pm 5$ ), в сигнал частоты следования импульсов – от 5 до 15 кГц.

## 11 ОФОРМЛЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ПОВЕРКИ

11.1 При положительных результатах поверки, проведённой в соответствии с настоящей методикой, оформляется протокол поверки в соответствии с ПРИЛОЖЕНИЕМ А.

11.2 При отрицательных результатах поверки датчик к применению не допускается.

11.3 Сведения о результатах поверки средств измерений должны быть переданы в Федеральный информационный фонд по обеспечению единства измерений.

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 выдаёт свидетельства о поверке, оформленные в соответствии с требованиями к содержанию свидетельства о поверке и (или) в паспорт (формуляр) средств измерений вносит запись о проведённой поверке или в случае отрицательных результатов поверки (не подтверждено соответствие средств измерений метрологическим требованиям) выдаёт извещения о непригодности к применению средства измерений

## ПРИЛОЖЕНИЕ А

(рекомендуемое)

Измеритель крутящего момента силы М

Обозначение: \_\_\_\_\_, зав.№.....  
 Владелец : .....

Условия поверки:

Температура окружающего воздуха ..... °С.

Относительная влажность воздуха ..... %.

Средства поверки

Таблица 1 – Средства поверки

№	Наименование средства поверки и его тип	Основные метрологические характеристики
1		
...	...	...
...	...	...

Результаты поверки

1 Внешний осмотр: .....

2 Проверка комплектности.....

3 Подтверждение соответствия программного обеспечения

Таблица 2 – Идентификационные данные ПО

Идентификационные признаки	Значение
Идентификационное наименование ПО	
Номер версии (идентификационный номер) ПО, не ниже	

Вывод

4 Опробование

Вывод

5 Определение основной погрешности измерений крутящего момента силы

Таблица 3 – Результаты измерений крутящего момента силы

№, $i$	Заданное значение $M_i$ , Н·м или кН·м	Измеренное значение $m_{k,i}$ (прямой ход) и $m'_{k,i}$ (обратный ход), Н·м или кН·м			$\gamma(M_i)$ , %
		$m_{1,i}$ $m'_{1,i}$	$m_{2,i}$ $m'_{2,i}$	$m_{3,i}$ $m'_{3,i}$	
0	0				
1					
2					
...					
$i(0,5M_E)$	$0,5 \cdot M_E$				
...					
$i(M_E)$	$M_E$				
...					

№, <i>i</i>	Заданное значение $M_i$ , Н·м или кН·м	Измеренное значение $m_{k,i}$ (прямой ход) и $m'_{k,i}$ (обратный ход), Н·м или кН·м			$\gamma(M_i)$ , %
		$m_{1,i}$ , $m'_{1,i}$	$m_{2,i}$ , $m'_{2,i}$	$m_{3,i}$ , $m'_{3,i}$	
$i(0,5M_E)$	$0,5 \cdot M_E$				
...					
2					
1					
0	0				

$$\gamma^I = \max |\gamma_i^I| =$$

Вывод

6 Определение относительной погрешности измерений частоты вращения.

Проверка диапазона измерений частоты вращения

Таблица 4 - Результаты измерений частоты вращения

№, <i>i</i>	Заданная частота вращения, $n_{зад,i}$ , об/мин	Измеренное значение частоты вращения, $N_{k,i}$ , об/мин			$\bar{N}_i$ , об/мин	$\delta(N_i)$ , %
		$N_{1,i}$	$N_{2,i}$	$N_{3,i}$		
1	30					
2						
...						
$i(n_E)$	$n_E$					

$$\delta(N) = \max |\delta(N_i)| =$$

Вывод

7 Определение основной погрешности преобразований текущего значения крутящего момента силы в аналоговый сигнал. Проверка диапазона выходного сигнала при преобразовании крутящего момента силы

Таблица 5 – Результаты измерений преобразований крутящего момента силы

№, <i>i</i>	Заданное значение $M_i$ , Н·м, кН·м	$I_{ном,i}$ , МА	Измеренное значение $I_{k,i}$ (прямой ход) и $I'_{k,i}$ (обратный ход), МА			$\gamma^I(M_i)$ , %
			$I_{1,i}$ , $I'_{1,i}$	$I_{2,i}$ , $I'_{2,i}$	$I_{3,i}$ , $I'_{3,i}$	
0	0					
1						
2						
...						
$i(0,5M_E)$	$0,5 \cdot M_E$					
...						
$i(M_E)$	$M_E$					
...						
$i(0,5M_E)$	$0,5 \cdot M_E$					
...						
2						
1						
0	0					

$$\gamma^I = \max |\gamma_i^I| =$$

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

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

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