

МП 1600-027-23

СОГЛАСОВАНО

Главный метролог

ФБУ «Нижегородский ЦСМ»

Г.Б. Змачинская

М.П.



2023 г.

Государственная система обеспечения единства измерений

Динамометры универсальные ДО
Методика поверки

МП 1600-027-23

1 Общие положения

1.1 Настоящая методика поверки (далее – методика) распространяется на динамометры универсальные ДО и устанавливает методы и средства их поверки.

1.2 Прослеживаемость при поверке динамометров обеспечивается применением эталона единицы величины, применяемого согласно Положению об эталонах [1] по государственной поверочной схеме для средств измерений силы [2], утвержденной приказом Росстандарта № 2498 от 22.10.2019, устанавливающие порядок передачи единицы величины от государственного первичного эталона единицы силы ГЭТ32-2011 [3].

1.3 Динамометры универсальные ДО относятся к эталонам второго разряда согласно Государственной поверочной схеме для средств измерений силы, утвержденной приказом Росстандарта № 2498 от 22.10.2019.

1.4 В методике поверки реализуются методы прямых измерений.

1.5 Настоящая методика поверки разработана с учетом требований и рекомендаций ГОСТ Р 55223.

Примечание – при пользовании данной методикой целесообразно проверить действие ссылочного стандарта в информационной системе общего пользования. Если ссылочный стандарт изменен или заменен, то рекомендуется использовать вновь принятый.

2 Перечень операций поверки средства измерений

2.1 Перечень операций поверки, распространяющихся на все виды твердомеров, приведен в таблице 2.1

Таблица 2.1 – операции поверки

Наименование операции поверки	Номер пункта методики поверки	Необходимость выполнения операции при	
		первичной поверке	периодической поверке
Внешний осмотр средства измерений	7	Да	Да
Подготовка к поверке и опробование средства измерений	8	Да	Да
Определение метрологических характеристик средства измерений и подтверждение соответствия динамометра метрологическим требованиям.	9	Да	Да
Определение пределов допускаемой относительной погрешности измерений силы	9.1	Да	Да
Оформление результатов поверки	10	Да	Да

3 Требования к условиям проведения поверки

При проведении поверки:

- температура окружающего воздуха должна быть в пределах плюс (20 ± 5) °С;
- относительная влажность воздуха должна быть в пределах от 30 % до 80 %.

4 Требования к специалистам, осуществляющим поверку

Поверку выполняет один специалист, соответствующий требованиям 41 и 42 Критериев аккредитации [4].

5 Метрологические и технические требования к средствам поверки

5.1 Метрологические и технические требования к средствам поверки приведены в таблице 5.1

Таблица 5.1

Операции поверки, требующие применение средств поверки	Метрологические и технические требования к средствам поверки	Перечень рекомендуемых средств поверки
п.8.1 Контроль внешних условий при подготовке к поверке	средства измерения температуры окружающей среды в диапазоне измерений от 10 до 60 °С, с погрешностью не более 1 °С Измерение относительной влажности воздуха в диапазоне от 10 до 99 %, с погрешностью не более 3 %	Термогигрометр электронный CENTER 315, рег. № 22129-04
п. 9.1 Определение пределов допускаемой относительной погрешности измерений силы	эталоны 1-го разряда по ГПС силы [2], предел относительной погрешности с доверительной вероятностью 0,95 не более 0,06 % на диапазоне от 0,1 кН до 1000 кН	Машины силовоспроизводящие МСВ-МГ4, рег № 83529-21

5.2 Допускается применение других средств поверки, обеспечивающих передачу единицы силы поверяемому средству измерений с точностью, предусмотренной государственной поверочной схемой.

5.3 Средства поверки должны иметь действующее свидетельство о поверке, эталоны-действующие свидетельства об аттестации.

6 Требования (условия) по обеспечению безопасности проведения поверки

6.1 Нормативно-правовые акты, требования по обеспечению безопасности и условий проведения поверки динамометров с целью сохранения жизни и здоровья поверителей, не предусмотрены.

6.2 При проведении поверки следует соблюдать требования безопасности, предусмотренные эксплуатационной документацией на средства поверки, предусмотренные таблицей 5.1

7 Внешний осмотр средства измерений

7.1 При внешнем осмотре средства измерений, проверяют соответствие внешнего вида поверяемого динамометра сведениям из описания типа средства измерений.

7.2 При внешнем осмотре проверяется отсутствие коррозии и механических повреждений на поверхностях динамометров.

8 Подготовка к поверке и опробование средства измерений

8.1 Динамометры должны выдержаться в условиях поверки не менее 6 часов.

8.2 Динамометры должны быть установлены в рабочую зону эталона с обеспечением соосности приложения силы.

9 Определение метрологических характеристик средства измерений и подтверждение соответствия динамометров метрологическим требованиям.

9.1 Определение пределов допускаемой относительной погрешности измерений силы.

9.1.1 Перед проведением определения пределов допускаемой относительной погрешности измерений силы динамометра, проводят предварительное нагружение (обжатие) в выбранном направлении (растяжение или сжатие) не менее трех раз с выдержкой от 1 до 1,5 минут (см. 6.4.1 ГОСТ Р 55223). При последнем цикле обжатия проводится определение ползучести, при этом выдержка составляет не менее пяти минут (300 с) с регистрацией результатов измерений через 30 с i_{30} и 300 с i_{300} . При применении для поверки динамометров машин непосредственного нагружения, ползучесть определяется после приложения наибольшей нагрузки, для машин других видов после разгрузки.

9.1.2 Порядок проведения измерений согласно 6.4.2 ГОСТ Р 55223. Динамометр нагружают ступенями через 10 %. При этом проводится четыре цикла нагружения/разгрузки. Для первых двух циклов при 0° проводят только нагружения – это 1 и 2 серии измерений. После разгрузки регистрируют значение нулевого сигнала. Перед третьим циклом нагружения динамометр поворачивают на 120°. В третьем цикле нагружают и разгружают динамометр ступенями через 10 %, регистрируя все результаты измерений, включая нулевые показания – это 3 и 4 серии измерений. Поворачивают динамометр еще на 120° (это положение 240°). Проводят четвертый цикл нагружения в котором нагружают и разгружают динамометр ступенями через 10 %, регистрируя все результаты измерений, включая нулевой сигнал – это 5 и 6 серии измерений. Результат измерения силы в i серии обозначается X_i .

9.1.3 Производится оценка составляющих погрешности динамометра.

Рассчитывается среднее арифметическое результатов измерений 1 и 2 серии (повторяемость) X_{wr} :

$$\overline{X_{wr}} = \frac{X_1 + X_2}{2} \quad (9.1)$$

Рассчитывается среднее арифметическое результатов измерений 1 и 3 и 5 серии (воспроизводимость) X_r :

$$\overline{X_r} = \frac{X_1 + X_3 + X_5}{3} \quad (9.2)$$

Рассчитывается погрешность, связанная с повторяемостью (без вращения динамометра):

$$b' = \left| \frac{X_2 - X_1}{\overline{X_{wr}}} \right| \cdot 100 \quad (9.3)$$

Рассчитывается погрешность, связанная с воспроизводимостью (при вращении динамометра):

$$b = \left| \frac{X_{max} - X_{min}}{\overline{X_r}} \right| \cdot 100 \quad (9.4)$$

Расчет составляющей погрешности, связанной с интерполяцией f_c по формуле:

$$f_c = \frac{\overline{X_r} - X_a}{X_a} \cdot 100 \quad (9.5)$$

где $\overline{X_r}$ определяется по формуле (10.2)

X_a – действительное значение силы, воспроизводимое эталонной силвоспроизводящей машиной или значение, полученное по функции преобразования в случае ее построения.

Расчет составляющей погрешности динамометра, связанной с дрейфом нуля производится по формуле:

$$f_o = \frac{i_f - i_0}{X_N} \cdot 100 \quad (9.6)$$

где i_0 и i_f – показания динамометра до приложения и после снятия нагрузки соответственно;

X_N – показания динамометра при приложении наибольшей эталонной нагрузки (среднее арифметическое 1, 3 и 5 серий).

Расчет f_o проводится для четырех значений согласно таблице 9.1

Таблица 9.1

Номер измерения	i_f	i_0
1	$X_{01обр}$	$X_{01пр}$
2	$X_{02обр}$	$X_{02пр}$
3	X_{04}	X_{03}
4	X_{06}	X_{05}

Примечание – обозначение нулевого сигнала X_{0i} , где i – номер серии, т.к. 1 и 2 серии только на прямом ходу добавляются индексы пр обр

Расчет составляющей погрешности динамометра, связанной с гистерезисом производится по формуле:

$$v = \frac{v_1 + v_2}{2} \quad (9.7)$$

где $v_1 = \left| \frac{X_4 - X_3}{X_3} \right| \cdot 100$ и $v_2 = \left| \frac{X_6 - X_5}{X_5} \right| \cdot 100$, X_i – результат измерения i серии.

Расчет составляющей погрешности динамометра, связанной с ползучестью производится по формуле:

$$c = \frac{i_{300} - i_{30}}{X_N} \quad (9.8)$$

где i_{300} и i_{30} – показания динамометра полученные соответственно через 300 с и 30 с после приложения или снятия наибольшей эталонной нагрузки;

X_N – показания динамометра при приложении наибольшей эталонной нагрузки (среднее арифметическое 1, 3 и 5 серий).

Производится расчет расширенной неопределенности результата измерений динамометра W по формуле:

$$W = 2 \cdot \sqrt{\sum_{i=1}^8 w_i^2} \quad (9.9)$$

где w_1 – относительная стандартная неопределенность, связанная с приложенной эталонной нагрузкой, %;

w_2 - относительная стандартная неопределенность, связанная с воспроизводимостью результатов измерений, %;

w_3 - относительная стандартная неопределенность, связанная с повторяемостью результатов измерений, %;

w_4 - относительная стандартная неопределенность, связанная с разрешающей способностью индикатора, %;

w_5 – относительная стандартная неопределенность, связанная с ползучестью, %;

w_6 – относительная стандартная неопределенность, связанная с дрейфом нуля, %;

w_7 – относительная стандартная неопределенность, связанная с температурой, %;

w_8 – относительная стандартная неопределенность, связанная с интерполяцией, %.

Стандартная неопределенность w_1 , связанная с приложенной эталонной нагрузкой оценивается по формуле:

$$w_1 = \frac{\delta_0}{2} \quad (9.10)$$

где δ_0 - предел относительной погрешности с доверительной вероятностью 0,95 согласно ГПС силы (для силовоспроизводящей машины применяемой в настоящей методике составляет 0,02 %), %;

2 – коэффициент, связанный с доверительной вероятностью приблизительно равной 0,95, %.

Стандартная неопределенность w_2 , связанная с воспроизводимостью результатов измерений оценивается для каждой точки поверки по формуле:

$$w_2 = \frac{1}{|\bar{X}_r|} \cdot \sqrt{\frac{1}{6} \cdot \sum_{i=1,3,5} (X_i - \bar{X}_r)^2} \cdot 100 \quad (9.11)$$

где X_i - результаты показаний индикатора динамометра для 1, 3 и 5 серий;

\bar{X}_r – среднее из трех значений, см. формулу (9.2).

Стандартная неопределенность w_3 , связанная с с повторяемостью результатов измерений оценивается для каждой точки поверки по формуле:

$$w_3 = \frac{b'}{\sqrt{3}} \quad (9.12)$$

b' - составляющая погрешности, связанная с повторяемостью, рассчитанная по формуле (9.3), %;

Стандартная неопределенность w_4 , связанная с разрешающей способностью оценивается для каждой точки поверки по формуле:

$$w_4 = \frac{1}{\sqrt{6}} \cdot \frac{r}{F} \cdot 100 \quad (9.13)$$

где r - разрешение индикатора динамометра;

F - показания индикатора динамометра.

Стандартная неопределенность w_5 , связанная с ползучестью для динамометров, работающих только на прямом ходу, определяется по формуле:

$$w_5 = \frac{c}{\sqrt{3}} \quad (10.14 a)$$

где c - ползучесть, определенная по формуле (9.8), %

Стандартная неопределенность w_5 , связанная с ползучестью для динамометров, работающих как на прямом, так и на обратном ходу, определяется для каждой точки поверки по формуле:

$$w_5 = \frac{\nu}{3} \quad (9.14 \text{ б})$$

где ν - гистерезис, определенный по формуле (9.7), %

Стандартная неопределенность w_6 , связанная с дрейфом нуля, определяется по формуле:

$$w_6 = \max|f_0| \quad (9.15)$$

где f_0 - составляющие погрешности динамометра, связанные с дрейфом нуля и определенные для четырех измерений согласно таблице 9.1.

Стандартная неопределенность w_7 , связанная с температурой, определяется по формуле:

$$w_7 = K \cdot \frac{\Delta T}{2 \cdot \sqrt{3}} \cdot 100 \quad (9.16)$$

где K - температурный коэффициент динамометра, $^{\circ}\text{C}^{-1}$;

ΔT – температурный диапазон поверки, учитывающий неопределенность в измерении температуры.

Примечание – Для механических динамометров $K = 0,00027/^{\circ}\text{C}$. Градуировочную характеристику динамометра можно применять без поправок в пределах $\pm 3^{\circ}\text{C}$.

Стандартная неопределенность w_8 , связанная с интерполяцией, определяется для каждой точки поверки по формуле:

$$w_8 = \left| \frac{X_a - \bar{X}_r}{\bar{X}_r} \right| \cdot 100 \quad (9.17)$$

где X_a - действительное значение силы для динамометра с именованной шкалой или значение, рассчитанное по градуировочной характеристике.

\bar{X}_r - среднее арифметическое в условиях воспроизводимости, рассчитанное по формуле (10.2)

9.1.4 В результате расчета для каждой точки поверки значения расширенной неопределенности W методом наименьших квадратов строится зависимость W от эталонной силы F . В результате получаются линейная или степенная зависимость, описывающая монотонно убывающую функцию вида:

$$W(F) = k \cdot F + b \quad (9.18 \text{ а})$$

$$W(F) = p \cdot F^q \quad (9.18 \text{ б})$$

где $k < 0$ и $q < 0$.

Далее производится коррекция коэффициентов с тем, чтобы экспериментальные данные лежали ниже скорректированных графиков функций – исправленные коэффициенты обозначаются соответственно k^* и b^* .

Для этого рассчитываем относительную погрешность аппроксимации как:

$$\Delta_{\text{аппр}} = \frac{W - W(F)}{W(F)} \cdot 100 \quad (9.18 \text{ в})$$

где W – значение расширенной неопределенности, полученное по формуле (9.9), %;

$W(F)$ – значение расширенной неопределенности, полученное по одной из

формул приближения (9.18а) или (9.18б), %.

Коэффициенты k^* и b^* рассчитываются как:

$$k^* = k \cdot \left(1 + \frac{\Delta_{\text{анпр}}}{100}\right) \quad (9.18\text{г})$$

$$b^* = b \cdot \left(1 + \frac{\Delta_{\text{анпр}}}{100}\right) \quad (9.18\text{д})$$

где k и b – коэффициенты, полученные при построении функции $W(F)$ методом наименьших квадратов, см. (9.18а) или (9.18б);

$\Delta_{\text{анпр}}$ - относительная погрешность аппроксимации, %.

В итоге получаем зависимости предела относительной погрешности от прилагаемого эталонного усилия при доверительной вероятности 0,95 при измерении силы:

$$\delta(F) = k^* \cdot F + b^* \quad (9.19 \text{ а})$$

$$\delta(F) = p^* \cdot F^q \quad (9.19 \text{ б})$$

Допускается полученное уравнение отображать в протоколе поверки.

Значение $\delta_0(F)$ для всех поверяемых точек не должен превышать 0,24 %.

Динамометры универсальные ДО соответствуют требованиям к рабочим эталонам 2-го разряда по ГПС для средств измерений силы, утвержденной приказом Росстандарта № 2498 от 22.10.2019, в случае если пределы относительной погрешности измерений силы, не превышают 0,24 %.

10 Оформление результатов поверки

10.1 Для динамометров, применяемых в качестве эталонов 2-го разряда, результаты поверки должны быть оформлены с подтверждением соответствия требованиям применяемым к эталонам согласно ГПС для средств измерений силы, утвержденной приказом Росстандарта № 2498 от 22.10.2019.

10.1 Сведения о результатах поверки в целях ее подтверждения должны быть переданы в Федеральный информационный фонд по обеспечению единства измерений согласно пункту 21 Порядка поверки [5].

10.2 При подтверждении средства измерений установленным метрологическим требованиям (положительный результат поверки) оформляется свидетельство о поверке согласно Требованиям к свидетельству [6]. На свидетельство наносится знак поверки согласно Требованиям к знаку поверки [7].

10.3 Если по результатам поверки соответствие метрологическим требованиям не подтверждается (отрицательный результат поверки), оформляется извещение о непригодности согласно пункту 26 Порядка поверки [7].

Заместитель начальника отдела
промышленной метрологии
ФБУ «Нижегородский ЦСМ»

Е.Е. Гладышев

Инженер 2 категории
отдела испытаний продукции
ФБУ «Нижегородский ЦСМ»

М.С. Баранов

Нормативные ссылки

[1] Положение об эталонах единиц величин, используемых в сфере государственного регулирования обеспечения единства измерений. Утверждены Постановлением Правительства РФ № 734 от 23.09.2010 (в ред. № 1355 от 21.10.2019)

[2] Государственная поверочная схема для средств измерений силы, утвержденной приказом Росстандарта № 2498 от 22.10.2019.

[3] ГЭТ32-2011 Государственный первичный эталон единицы силы; <https://fgis.gost.ru/fundmetrology/registry/12/items/397917>

[4] Критерии аккредитации и перечень документов, подтверждающих соответствие заявителя, аккредитованного лица критериям аккредитации. Утверждены приказом Минэкономразвития № 707 от 26.10.2020 (в тексте – Критерии аккредитации)

[5] Порядок проведения поверки средств измерений, требования к знаку поверки и содержанию свидетельства о поверке. Утверждён приказом Минпромторга России № 2510 от 31.07.2020. Приложение № 1 (Зарегистрирован в Минюсте России 20.11.2020 № 61033) (в тексте – Порядок поверки)

[6] Требования к содержанию свидетельства о поверке. Утверждены приказом Минпромторга России № 2510 от 31.07.2020. Приложение № 3 (Зарегистрирован в Минюсте России 20.11.2020 № 61033) (в тексте – Требования к свидетельству)

[7] Требования к знаку поверки. Утверждёны приказом Минпромторга России № 2510 от 31.07.2020. Приложение № 2 (Зарегистрирован в Минюсте России 20.11.2020 № 61033) (в тексте – Требования к знаку поверки)