

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

СОГЛАСОВАНО

И.о. генерального директора ФГУП
«ВНИИМ им. Д.И. Менделеева»



А.Н. Пронин

«26» июля 2021 г.

Государственная система обеспечения единства измерений

Машины силовоспроизводящие МСВ-МГ4

МЕТОДИКА ПОВЕРКИ

МП 2301-0326-2021

И.о. руководителя лаборатории
ФГУП «ВНИИМ им. Д.И. Менделеева»

С.А. Семенов

Инженер 1 категории

Д.В. Андреев

г. Санкт-Петербург
2021 г.

1 Общие положения

Настоящая методика поверки распространяется на машины силовоспроизводящие МСВ-МГ4 (далее – машины) производства ООО «СКБ Стройприбор», г. Челябинск и устанавливает методику их первичной и периодической поверок.

Методика поверки должна обеспечивать прослеживаемость поверяемых машин к Государственному первичному эталону единицы силы ГЭТ 32-2011.

Методы, обеспечивающие реализацию методики поверки: сличением поверяемой машины с эталоном с помощью компаратора.

Методикой поверки предусмотрена возможность проведения поверки на меньшем числе поддиапазонов измерений.

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 ссылку.

2 Перечень операций поверки средства измерений

2.1 При проведении поверки должны быть выполнены операции указанные в таблице 1.

Таблица 1 – Перечень операций поверки

Наименование операции	Номер пункта документа по поверке	Проведение операции при	
		первичной поверке	периодической поверке
Внешний осмотр	7	Да	Да
Подготовка к поверке и опробование	8	Да	Да
Проверка программного обеспечения	9	Да	Да
Определение метрологических характеристик	10	Да	Да

3 Требования к условиям проведения поверки

3.1 Операции по всем пунктам настоящей методики проводить при следующих условиях испытаний:

- температура окружающего воздуха, °С от плюс 18 до плюс 26
- относительная влажность, % от 40 до 80

4 Требования к специалистам, осуществляющим поверку

4.1 Сотрудники, проводящие поверку, должны иметь высшее или среднее техническое образование и опыт работы в соответствующей области измерений, должны изучить правила работы с поверяемым средством измерений и обладать соответствующей квалификацией для работы со средствами поверки и вспомогательным оборудованием.

5 Метрологические и технические требования к средствам поверки

5.1 При проведении поверки применяют средства поверки, указанные в таблице 2.

Таблица 2 – Перечень средств поверки

Номер пункта документа по поверке	Наименование и тип (условное обозначение) основного или вспомогательного средства поверки; обозначение нормативного документа, регламентирующего технические требования, метрологические и основные технические характеристики средства поверки
7-9	-
10	ГПЭ единицы силы ГЭТ 32-2011 ($S \leq 5 \cdot 10^{-6}$, $\theta \leq 1 \cdot 10^{-5}$, $W_A \leq 5 \cdot 10^{-6}$, $W_B \leq 6 \cdot 10^{-6}$) (Приказ Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 05.05.2012 г. N 299)

Примечание: ГЭТ 32-2011 применяется при поверке машин, в соответствии с требованиями Государственной поверочной схемы для средств измерений силы.

6 Требования (условия) по обеспечению безопасности проведения поверки

6.1 При проведении поверки соблюдают требования безопасности, указанные в эксплуатационной документации на поверяемые машины, а также на используемые средства поверки и вспомогательное оборудование.

7 Внешний осмотр средства измерений

При внешнем осмотре должно быть установлено соответствие машин следующим требованиям:

- соответствие внешнего вида описанию типа СИ;
- наличие знака утверждения типа в месте, указанном в описании типа;
- контроль соблюдения требований по защите машин от несанкционированного доступа, указанных в описании типа машин;
- отсутствие видимых повреждений машины;
- наличие и сохранность всех надписей маркировки.

Результаты внешнего осмотра признают положительными, если внешний вид соответствует Руководству по эксплуатации.

8 Подготовка к поверке и опробование средства измерений

8.1 Перед проведением измерений проверяют правильность прохождения теста при включении.

9 Проверка программного обеспечения средства измерений

9.1 Перед определением метрологических характеристик, при поверке, необходимо проверить идентификационные данные ПО.

Идентификация программы: в главном меню выбирают вкладку «О программе». На экране отображается идентификационное наименование и номер версии программного обеспечения.

Номер версии программного обеспечения должен совпадать с указанным в таблице 3.

Таблица 3 - Идентификационные данные (признаки) программного обеспечения

Идентификационные данные (признаки)	Значения
Идентификационное наименование программного обеспечения	Машина МСВ-МГ4
Номер версии (идентификационный номер) программного обеспечения*	1.1.1.8
Цифровой идентификатор программного обеспечения**	66B7 (CRC16)
* Номер версии программного обеспечения должен быть не ниже указанного	
** Контрольная сумма приведена для указанной в таблице версии ПО	

10 Определение метрологических характеристик средства измерений

Определение относительной погрешности измерений силы проводят только для режима сжатия.

Определение относительной погрешности измерений силы в режиме сжатия проводят в два этапа:

- определяют метрологические характеристики динамометров-компараторов на ГЭТ 32-2011.
- определяют метрологические характеристики испытуемой машины методом прямых измерений с применением динамометров-компараторов.

10.1 Этап 1.

Устанавливают динамометр-компаратор в рабочий участок ГЭТ 32-2011. Для надежного выравнивания температур динамометр-компаратор включают в сеть электропитания и прогревают в течение 2 часов.

Проводят предварительное обжатие динамометра-компаратора силой равной его верхнему пределу нагружения F_{max} .

Обжатие заключается в:

- выдержке динамометра-компаратора под максимальной нагрузкой в течение 20-30 минут;

- нагружении динамометра-компаратора равными ступенями от 0 до F_{\max} через $0,1F_{\max}$ с выдержкой на каждой ступени в течение 1-2 мин и последующим разгрузением такими же ступенями до нуля;

- выдержке динамометра-компаратора без нагрузки 3-5 минут.

Показания вторичного измерительного преобразователя динамометра-компаратора при обжатии не записываются.

Производят контрольные измерения. Нагружают динамометр-компаратор равными ступенями нагружения от 0 до F_{\max} через $0,1F_{\max}$ с выдержкой на каждой ступени в течение 1-2 мин. Записывают показания динамометра-компаратора на каждой ступени нагружения I_i ($i = 1$ до 10). При этом на каждой ступени нагружения добавляют дополнительную нагрузку близкую к значению $0,02\%$ от F_{\max} . Записывают показание динамометра-компаратора на каждой ступени нагружения с дополнительной нагрузкой I_{im} ($i = 1$ до 10). Повторяют эти операции при разгрузении динамометра-компаратора от F_{\max} до 0 через $0,1F_{\max}$. Дополнительная нагрузка добавляется с целью определения коэффициента чувствительности s , необходимого для перевода в единицы силы (Ньютоны) полученных в мВ/В отклонений машины от ГЭТ 32-2011.

Измерения проводят 6 раз (т.е. 6 рядов измерений $j=1$ до 6) при повороте динамометра-компаратора вокруг оси приложения силы через 120° .

По измеренным значениям рассчитывают:

- среднее значение показаний динамометра-компаратора без дополнительных нагрузок по формуле (1)

$$\bar{I}_i = \frac{\sum_{j=1}^n I_{ij}}{n} \quad (1)$$

где n – количество разных положений динамометра-компаратора относительно оси приложения силы ($n=6$),

- дисперсию средних показаний динамометра-компаратора без дополнительных нагрузок по формуле (2)

$$D_{\bar{I}_i} = \frac{1}{n(n-1)} \sum_{j=1}^n (I_{ij} - \bar{I}_i)^2 \quad (2)$$

- СКО результатов измерений по формуле (3)

$$S_{k_i} = \frac{1}{I_i} \sqrt{D_{\bar{I}_i}} \quad (3)$$

Динамометры-компараторы должны охватывать все диапазоны силы, воспроизводимой машиной. Рабочий диапазон каждого динамометра-компаратора должен начинаться со значений не ниже, чем 10 % его максимальной возможности. Диапазон измерений каждого динамометра-компаратора выбирают из условия, что СКО результата измерений S_{k_i} в каждой ступени нагружения не превышает $5 \cdot 10^{-5}$ при 6 независимых измерениях.

- среднее значение показаний динамометра-компаратора с дополнительными нагрузками по формуле (4)

$$\bar{I}_{im} = \frac{\sum_{j=1}^n I_{ijm}}{n} \quad (4)$$

где n – количество разных положений динамометра-компаратора относительно оси приложения силы ($n=6$),

- дисперсию средних показаний динамометра-компаратора с дополнительными нагрузками по формуле (5)

$$D_{\overline{I_{im}}} = \frac{1}{n(n-1)} \sum_{j=1}^n (I_{ijm} - \overline{I_{im}})^2 \quad (5)$$

- разницу между средними значениями показаний динамометра-компаратора без дополнительных нагрузок и показаний динамометра-компаратора с дополнительными нагрузками по формуле (6)

$$\Delta \overline{I}_i = \overline{I_{im}} - \overline{I}_i \quad (6)$$

- коэффициент чувствительности для каждой ступени нагружения по формуле (7)

$$c_i = \frac{m_i g}{\Delta \overline{I}_i} \quad (7)$$

где m_i – масса дополнительной нагрузки в кг;

g – значение ускорения свободного падения на месте эксплуатации ГЭТ ($g=9,8193 \text{ м/с}^2$),

- дисперсию коэффициента чувствительности c_i как производную c_i (принимая m_i и g константами) по формуле (8)

$$D_{c_i} = \frac{1}{\Delta \overline{I}_i^4} (D_{\overline{I}_i} + D_{\overline{I_{im}}}) \quad (8)$$

10.2 Этап 2.

Устанавливают динамометр-компаратор в рабочий участок поверяемой машины. В случае необходимости, выдерживают динамометр-компаратор при постоянной температуре окружающей среды для надежного выравнивания температуры. Оборудование в соответствии с эксплуатационной документацией включают в сеть электропитания и прогревают.

Проводят предварительное обжатие динамометра-компаратора силой равной его верхнему пределу нагружения F_{\max} .

Обжатие заключается в:

- выдержке динамометра-компаратора под максимальной нагрузкой в течение 20-30 минут;

- нагружении динамометра-компаратора равными ступенями нагружения от 0 до F_{\max} через $0,1F_{\max}$ (т.е. 10 ступеней) с выдержкой на каждой ступени в течение 1-2 мин и последующим разгрузением такими же ступенями до нуля;

- выдержке динамометра-компаратора без нагрузки 3-5 минут.

Показания вторичного измерительного преобразователя динамометра-компаратора при обжатии не записываются.

Производят контрольные измерения. По показаниям поверяемой машины нагружают динамометр-компаратор равными ступенями нагружения от 0 до F_{\max} через $0,1F_{\max}$ с выдержкой на каждой ступени в течение 1-2 мин. Записывают показание динамометра-компаратора на каждой ступени нагружения X_i ($i = 1$ до 10). Повторяют эти операции при разгрузении динамометра-компаратора от F_{\max} до 0 через $0,1F_{\max}$.

Измерения проводят 6 раз (т.е. 6 рядов измерений $j=1$ до 6) при повороте динамометра-компаратора вокруг оси приложения силы через 120° .

По измеренным значениям рассчитывают:

- среднее значение \overline{X}_i , полученное по результатам 6-и измеренных значений X_i (с 1 по 6 ряд) для каждой ступени нагружения по формуле (9)

$$\overline{X}_i = \frac{\sum_{j=1}^n X_{ij}}{n} \quad (9)$$

где n – количество разных положений динамометра-компаратора относительно оси приложения силы,

- дисперсию средних показаний \bar{X}_i динамометра-компаратора по формуле (10)

$$D_{\bar{X}_i} = \frac{1}{n(n-1)} \sum_{j=1}^n (X_{ij} - \bar{X}_i)^2 \quad (10)$$

- отклонение значений нагрузок в Н полученные на поверяемой машине от значений нагрузок в Н полученные на ГЭТ 32-2011 по формуле (11)

$$\Delta F_i = c_i (\bar{X}_i - \bar{I}_i) \quad (11)$$

- дисперсию отклонений ΔF_i как сумму частных производных ΔF_i по формуле (12)

$$D_{\Delta F_i} = (\bar{X}_i - \bar{I}_i)^2 D_{c_i} + c_i^2 D_{\bar{I}_i} + c_i^2 D_{\bar{X}_i} \quad (12)$$

где $D_{c_i} (\bar{X}_i - \bar{I}_i)^2$ - частная производная по ∂c_i ,

$c_i^2 D_{\bar{I}_i}$ - частная производная по $\partial \bar{I}_i$,

$c_i^2 D_{\bar{X}_i}$ - частная производная по $\partial \bar{X}_i$.

- дисперсию воспроизведения эталонного значения нагрузки ГЭТ 32-2011, которая определяется по формуле (13)

$$D_{F_i} = \left(\frac{w_3 F_i}{\sqrt{3}} \right)^2 \quad (13)$$

где w_3 – относительная стандартная неопределенность ГЭТ 32-2011 ($w_3 = 2,4 \cdot 10^{-5}$);

F_i – эталонное значение нагрузки в Н;

$\sqrt{3}$ – параметр равномерного распределения.

- суммарную стандартную неопределенность относительного отклонения δ_{F_i} значения нагрузок с учетом неопределенности ГЭТ 32-2011 как производную по формуле (14)

$$u_{\delta_{F_i}} = \sqrt{D_{\Delta F_i} + D_{F_i}} \quad (14)$$

- расширенную неопределенность относительного отклонения δ_{F_i} по формуле (15)

$$U_{\delta_{F_i}} = k u_{\delta_{F_i}} \quad (15)$$

где k – коэффициент расширения, принимаемый равным 2 для вероятности 0,95

- относительную погрешность машины на каждой ступени нагружения по формуле (16)

$$\delta_{\%} = \left(\frac{|\Delta F_i| + U_{\delta_{F_i}}}{F_i} \right) \cdot 100\% \quad (16)$$

11 Подтверждение соответствия средства измерений метрологическим требованиям

Машина соответствует метрологическим требованиям, установленным в описании типа, если относительная погрешность при каждой нагрузке не превышает $\pm 0,02\%$.

Машины соответствуют обязательным требованиям к рабочим эталонам единицы силы 1 разряда, установленным Государственной поверочной схемой для средств измерений силы и обязательным требованиям к рабочим эталонам единицы массы 4 разряда, установленным Государственной поверочной схемой для средств измерений массы, если относительная погрешность при каждой нагрузке не превышает $\pm 0,02$ %.

12 Оформление результатов поверки

12.1 Результаты поверки машины оформляются протоколом поверки (Приложение А) согласно Приказу Минпромторга РФ от 30.07.2020 № 2510. Положительные результаты поверки подтверждаются сведениями о результатах поверки средств измерений, включенными в Федеральный информационный фонд по обеспечению единства измерений. Знак поверки на машины не наносится. По заявке заказчика, положительные результаты поверки можно дополнительно оформлять выдачей свидетельства о поверке.

12.2 Отрицательные результаты поверки подтверждаются сведениями о результатах поверки средств измерений, включенными в Федеральный информационный фонд по обеспечению единства измерений.

Рекомендуемая форма протокола поверки

Протокол поверки

№ _____ от «__» _____ 202_ г.

Наименование	
Заводской, серийный, инвентарный или номенклатурный номер	
Изготовитель	
Год выпуска	
Заказчик (наименование и юридический адрес)	
Адрес места поверки (если поверка выполняется на территории Заказчика)	

1. Перечень эталонов, средств измерений и вспомогательных технических средств, применяемых при поверке.

При проведении поверки применяют эталонное и вспомогательное оборудование, приведенное в таблице 1.

Таблица 1 - Перечень эталонов, средств измерений и вспомогательных средств

п/п №	Наименование, тип, зав. номер, рег. номер (при наличии)	Метрологические и технические характеристики

2. Выполнение процедур поверки.

2.1 Проведение контроля условий применения эталона.

Результаты измерений параметров окружающей среды при поверке, приведены в таблице 2.

Таблица 2 - Результаты измерений параметров окружающей среды

п/п №	Параметры	Требования эксплуатационной документации	Измеренные значения	
			В начале аттестации	После аттестации
1	Температура окружающего воздуха, °С			
2	Относительная влажность воздуха, %			
3	Атмосферное давление, гПа			

2.2 Определение метрологических характеристик эталона, включая передачу эталону единицы величины.

2.2.1 Этап 1. Определение метрологических характеристик и коэффициента чувствительности динамометра-компаратора на ГПЭ единицы силы.

Таблица 3 – Измеренные значения динамометра-компаратора на ГПЭ

п/п №	Эталонное значение нагрузки F_i , кН	Знач. доп. нагрузки, кН	Показания динамометра-компаратора, мВ/В											
			0^0		120^0		240^0		0^0		120^0		240^0	
			I_{1i}	I_{1im}	I_{2i}	I_{2im}	I_{3i}	I_{3im}	I_{4i}	I_{4im}	I_{5i}	I_{5im}	I_{6i}	I_{6im}

Таблица 4 – Рассчитанные значения метрологических характеристик динамометра-компаратора

п/п №	F_i , кН	\bar{I}_i , мВ/В	$D_{\bar{I}_i}$, (мВ/В) ²	S_{k_i}	\bar{I}_{im} , мВ/В	$D_{\bar{I}_i}$, (мВ/В) ²	$\Delta \bar{I}_i$, мВ/В	$\frac{c_i, Н}{мВ/В}$	$\frac{D_{c_i}, Н^2}{(мВ/В)^2}$

Вывод: Метрологические характеристики динамометра-компаратора соответствуют (не соответствуют) требованиям ГПС силы при передаче единицы силы эталонам 1-го разряда.

2.2.2 Этап 2. Определение метрологических характеристик аттестуемого рабочего эталона методом прямых измерений с применением динамометра-компаратора

Таблица 5 – Измеренные значения на эталоне 1-го разряда

п/п №	Заданные значения силы на эталоне 1-го разряда, P_i , кН	Показания динамометра-компаратора, X_i , мВ/В						\bar{X}_i
		0°	120°	240°	0°	120°	240°	

Таблица 6 – Рассчитанные значения отклонений ΔF_i , их расширенной неопределённости $U_{\delta F_i}$ и относительной погрешности δ_{δ_i} для эталона 1 разряда.

п/п №	F_i , кН	$D_{\bar{X}_i}$, (мВ/В) ²	ΔF_i , Н	$D_{\Delta F_i}$, Н ²	D_{F_i} , Н ²	$u_{\delta F_i}$, Н	$U_{\delta F_i}$, Н	δ_{δ_i} , %

3 Оценка соответствия эталона обязательным требованиям.

Метрологические и технические характеристики эталона соответствуют (не соответствуют) обязательным требованиям, предъявляемым к рабочим эталонам единицы силы 1 разряда в соответствии с Государственной поверочной схемой для средств измерений силы, утвержденной приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 22.10.2019 № 2498 и обязательным требованиям, предъявляемым к рабочим эталонам единицы массы 4 разряда в соответствии с Государственной поверочной схемой для средств измерений массы, утвержденной приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 29.12.2018 № 2818. Результаты измерений прослеживаются (не прослеживаются) к Государственному первичному эталону единицы силы ГЭТ 32-2011.

Поверитель

подпись

фамилия, инициалы