

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО ТЕХНИЧЕСКОМУ РЕГУЛИРОВАНИЮ И МЕТРОЛОГИИ
(РОССТАНДАРТ)

Федеральное государственное унитарное предприятие
«Всероссийский научно-исследовательский институт метрологии им.Д.И.Менделеева»
Уральский научно-исследовательский институт метрологии –
филиал Федерального государственного унитарного предприятия
«Всероссийский научно-исследовательский институт метрологии им.Д.И.Менделеева»
(УНИИМ – филиал ФГУП «ВНИИМ им.Д.И.Менделеева»)

СОГЛАСОВАНО

Директор УНИИМ – филиала ФГУП
«ВНИИМ им.Д.И.Менделеева»

Е.П. Соби́на



« 30 » июля 2024 г.

**«ГСИ. Система управления технологическим процессом испытания
ракетных двигателей малой тяги автоматизированная АСУТП 101.**

Методика поверки»

МП 83-26-2023

Екатеринбург

2024

ПРЕДИСЛОВИЕ

Разработана: Уральским научно-исследовательским институтом метрологии – филиалом Федерального государственного унитарного предприятия «Всероссийский научно-исследовательский институт метрологии им. Д.И.Менделеева» (УНИИМ – филиал ФГУП «ВНИИМ им.Д.И.Менделеева»), г. Екатеринбург

Исполнители: Ахмеев А.А., Оглобличева Е.С. (УНИИМ – филиал ФГУП «ВНИИМ им.Д.И.Менделеева»)

Согласована директором УНИИМ – филиала ФГУП «ВНИИМ им. Д.И.Менделеева» в 2024 г.

Введена впервые

СОДЕРЖАНИЕ

1 ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ	4
2 НОРМАТИВНЫЕ ССЫЛКИ.....	5
3 ПЕРЕЧЕНЬ ОПЕРАЦИЙ ПОВЕРКИ	6
4 ТРЕБОВАНИЯ К УСЛОВИЯМ ПРОВЕДЕНИЯ ПОВЕРКИ.....	7
5 ТРЕБОВАНИЯ К СПЕЦИАЛИСТАМ, ОСУЩЕСТВЛЯЮЩИМ ПОВЕРКУ	7
6 МЕТРОЛОГИЧЕСКИЕ И ТЕХНИЧЕСКИЕ ТРЕБОВАНИЯ К СРЕДСТВАМ ПОВЕРКИ.....	8
7 ТРЕБОВАНИЯ (УСЛОВИЯ) ПО ОБЕСПЕЧЕНИЮ БЕЗОПАСНОСТИ ПРОВЕДЕНИЯ ПОВЕРКИ	9
8 ВНЕШНИЙ ОСМОТР СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ.....	9
9 ПОДГОТОВКА К ПОВЕРКЕ И ОПРОБОВАНИЕ СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ	10
9.1 Подготовка к поверке.....	10
9.2 Контроль условий проведения поверки	10
9.3 Опробование средства измерений	10
10 ПРОВЕРКА ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ	10
11 ОПРЕДЕЛЕНИЕ МЕТРОЛОГИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ И ПОДТВЕРЖДЕНИЕ СООТВЕТСТВИЯ СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ МЕТРОЛОГИЧЕСКИМ ТРЕБОВАНИЯМ	11
12 ОФОРМЛЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ПОВЕРКИ	12
Приложение А (обязательное) Подтверждаемые метрологические требования	13

Государственная система обеспечения единства измерений. Система управления технологическим процессом испытания ракетных двигателей малой тяги автоматизированная АСУТП 101. Методика поверки	МП 83-26-2023
--	---------------

1 ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

1.1 Настоящая методика распространяется на систему управления технологическим процессом испытания ракетных двигателей малой тяги автоматизированную АСУТП 101, заводской номер 02, (далее – система), изготовленная Акционерным обществом «Научно-исследовательский институт машиностроения» (АО «НИИМаш»), г. Нижняя Салда. Поверка системы должна производиться в соответствии с требованиями настоящей методики.

1.2 При проведении поверки обеспечивается прослеживаемость системы к:

- к государственному первичному эталону единицы постоянного электрического напряжения и электродвижущей силы (ГЭТ 13-2023) в соответствии с государственной поверочной схемой, утвержденной Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии (Росстандарт) от 28 июля 2023 г. № 1520;

- к государственному первичному эталону единицы силы постоянного электрического тока (ГЭТ 4-94) в диапазоне от $1 \cdot 10^{-16}$ до 100 А в соответствии с государственной поверочной схемой, утвержденной Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии (Росстандарт) от 01 октября 2018 г. № 2091.

1.3 В настоящей методике поверки реализована поверка методом прямых измерений.

1.4 Настоящая методика поверки применяется для системы управления технологическим процессом испытания ракетных двигателей малой тяги автоматизированной АСУТП 101, используемых в качестве средства измерений. В результате поверки должны быть подтверждены метрологические требования, приведенные в таблице 1.

2 НОРМАТИВНЫЕ ССЫЛКИ

2.1 В настоящей методике использованы ссылки на следующие документы:

Приказ Минтруда России от 15 декабря 2020 г. № 903н	«Об утверждении Правил по охране труда при эксплуатации электроустановок»
Приказ Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии (Росстандарт) от 28 июля 2023 г. № 1520	«Об утверждении государственной поверочной схемы для средств измерений постоянного электрического напряжения и электродвижущей силы»
Приказ Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии (Росстандарт) от 01 октября 2018 г. № 2091	«Об утверждении государственной поверочной схемы для средств измерений силы постоянного электрического тока в диапазоне от $1 \cdot 10^{-16}$ до 100 А»
ГОСТ 12.2.007.0-75	ССБТ. Изделия электротехнические. Общие требования безопасности.
ГОСТ 12.3.019-80	ССБТ. Испытания и измерения электрические. Общие требования безопасности

Примечание – При пользовании настоящей методикой поверки целесообразно проверить действие ссылочных документов в информационной системе общего пользования – на официальном сайте Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии в сети Интернет или по ежегодному информационному указателю «Национальные стандарты», который опубликован по состоянию на 1 января текущего года, и по выпускам ежемесячного информационного указателя «Национальные стандарты» за текущий год.

Если ссылочный документ заменен, то рекомендуется использовать действующую версию этого документа с учетом всех внесенных в данную версию изменений. Если ссылочный документ отменен без замены, то положение, в котором дана ссылка на него, рекомендуется применять в части, не затрагивающей эту ссылку.

3 ПЕРЕЧЕНЬ ОПЕРАЦИЙ ПОВЕРКИ

3.1 При проведении первичной и периодической поверок системы должны быть выполнены операции поверки, указанные в таблице 1.

Таблица 1 – Перечень операций поверки

Наименование операции поверки	Обязательность выполнения операций поверки для исполнения при:		Номер пункта (раздела) методики поверки, в соответствии с которым выполняется операция поверки
	первичной поверке	периодической поверке	
Внешний осмотр	да	да	8
Подготовка к поверке и опробование средства измерений:			
- Подготовка к поверке	да	да	9.1
- Контроль условий проведения поверки	да	да	9.2
- Опробование средства измерений	да	да	9.3
Проверка программного обеспечения средства измерений	да	да	10
Определение метрологических характеристик средства измерений и подтверждение соответствия средства измерений метрологическим требованиям	да	да	11

3.2 На основании письменного заявления владельца системы или лица, представившего систему на поверку, оформленного в произвольной форме, допускается проводить периодическую поверку отдельных измерительных каналов (ИК) или для меньшего числа измеряемых величин, с обязательным указанием информации об объеме проведенной поверки при оформлении ее результатов согласно разделу 12 настоящей методики поверки.

3.3 В случае невыполнения требований хотя бы к одной из операций поверка прекращается, ИК, в котором обнаружено несоответствие, бракуется и выполняются операции по разделу 12 настоящей методики поверки.

4 ТРЕБОВАНИЯ К УСЛОВИЯМ ПРОВЕДЕНИЯ ПОВЕРКИ

4.1 При проведении поверки должны соблюдаться следующие условия:

- | | |
|-----------------------------------|--------------------|
| - температура окружающего воздуха | от 15 °С до 25 °С; |
| - относительная влажность воздуха | от 30 % до 80 %. |

5 ТРЕБОВАНИЯ К СПЕЦИАЛИСТАМ, ОСУЩЕСТВЛЯЮЩИМ ПОВЕРКУ

5.1 К проведению работ по поверке системы допускаются лица, прошедшие обучение в качестве поверителей средств измерений электротехнических (электрических) величин, изучившие настоящую методику поверки, руководства по эксплуатации поверяемого средства измерений и средств поверки.

5.2 Поверитель должен иметь действующее удостоверение о проверке знаний правил работы в электроустановках, подтверждающее право работы в электроустановках до 1000 В, с группой по электробезопасности не ниже III.

6 МЕТРОЛОГИЧЕСКИЕ И ТЕХНИЧЕСКИЕ ТРЕБОВАНИЯ К СРЕДСТВАМ ПОВЕРКИ

6.1 При проведении поверки системы применяют средства поверки согласно таблице 2.

Таблица 2 – Перечень рекомендуемых средств поверки

Операции поверки, требующие применения средств поверки	Метрологические требования к средствам поверки, необходимые для проведения поверки	Перечень рекомендуемых средств поверки
9.2 Контроль условий проведения поверки	Средства измерений температуры окружающего воздуха в диапазоне измерений от +15 °С до +25 °С с абсолютной погрешностью не более 1 °С; Средства измерений относительной влажности воздуха в диапазоне от 30 % до 80 % с погрешностью не более 2 %	Термогигрометр ИВА-6, мод. ИВА-6Н-Д, рег. № 46434-11
11 Определение метрологических характеристик средства измерений и подтверждение соответствия средства измерений метрологическим требованиям	Рабочие эталоны единицы силы постоянного электрического тока не ниже 2-го разряда в соответствии с государственной поверочной схемой, утвержденной Приказом Росстандарта от 01 октября 2018 г. № 2091 диапазон воспроизведений силы постоянного тока (0 – 20) мА, погрешность $\pm (0,025 \% \cdot X + 0,015 \% \cdot S)$, где X – значение воспроизводимой величины, S – значение диапазона воспроизведения	Калибратор электрических сигналов СА, мод. СА 100, рег. № 19612-03
	Рабочие эталоны единицы постоянного электрического напряжения и электродвижущей силы не ниже 3-го разряда в соответствии с государственной поверочной схемой, утвержденной Приказом Росстандарта от 28 июля 2023 г. № 1520 диапазон воспроизведений напряжения постоянного тока (0 – 10) В, погрешность $\pm (0,02 \% \cdot X + 0,005 \% \cdot S)$, где X – значение воспроизводимой величины, S – значение диапазона воспроизведения	Калибратор электрических сигналов СА, мод. СА 100, рег. № 19612-03

6.2 Эталоны, применяемые для поверки, должны быть поверены (аттестованы), средства измерений – поверены.

6.3 Допускается использовать при поверке другие утвержденные и аттестованные эталоны единиц величин, средства измерений утвержденного типа и поверенные, вспомогательные средства измерений, удовлетворяющие метрологическим требованиям, указанным в таблице 3.

7 ТРЕБОВАНИЯ (УСЛОВИЯ) ПО ОБЕСПЕЧЕНИЮ БЕЗОПАСНОСТИ ПРОВЕДЕНИЯ ПОВЕРКИ

7.1 При выполнении измерений должны быть соблюдены требования Приказа Минтруда России от 15.12.2020 № 903н, ГОСТ 12.2.007.0-75, ГОСТ 12.3.019-80, а также требования безопасности, изложенные в эксплуатационной документации на поверяемое средство измерения и средства поверки.

7.2 Перед проведением операций поверки средства измерений, подлежащие заземлению, должны быть надежно заземлены. Подсоединение зажимов защитного заземления к контуру заземления должно быть произведено ранее других соединений, а отсоединение – после всех отсоединений.

8 ВНЕШНИЙ ОСМОТР СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ

8.1 При проведении внешнего осмотра установить соответствие системы следующим требованиям:

- внешний вид системы должен соответствовать сведениям, приведенным в описании типа;
- комплектность системы должна соответствовать требованиям эксплуатационной документации;
- маркировка, функциональные надписи, заводской номер системы должны читаться и восприниматься однозначно, а также соответствовать требованиям эксплуатационной документации;
- контактные зажимы и выводы не должны иметь видимых механических повреждений, а также других дефектов, влияющих на работоспособность и безопасность эксплуатации средства измерений;
- электрические провода и кабели не должны иметь обрывов и видимых нарушений (дефектов) изоляции, а также следов термического воздействия.

8.2 Система считается выдержавшей внешний осмотр, если она соответствует приведенным в п.8.1 требованиям.

9 ПОДГОТОВКА К ПОВЕРКЕ И ОПРОБОВАНИЕ СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ

9.1 Подготовка к поверке

9.1.1 Перед проведением поверки средства поверки должны быть выдержаны в условиях, указанных в пункте 4.1, не менее 2 часов.

9.1.2 Система и средства поверки должны быть подготовлены к работе в соответствии с требованиями их эксплуатационной документации.

9.2 Контроль условий проведения поверки

9.2.1 Провести контроль условий проведения поверки с помощью термогигрометра, указанного в таблице 2, в соответствии с пунктом 4.1.

9.2.2 В случае нахождения контролируемых показателей микроклимата в пределах допуска, можно приступить к следующему пункту методики поверки. В противном случае следует предпринять мероприятия по приведению контролируемых параметров к требуемым значениям и после этого продолжить поверку.

9.3 Опробование средства измерений

9.3.1 Опробование проводят в соответствии с руководством по эксплуатации на систему. При опробовании проверяется отображение результатов измерений в режиме реального времени.

9.3.2 Результаты опробования считают положительными, если на экране компьютера (на пульте управления) отображаются текущие значения сигналов.

10 ПРОВЕРКА ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ

10.1 Для проверки номера версии ПО открыть программный комплекс «Система управления технологическими процессами «МАИС» и просмотреть сведения о ПО.

10.2 Результаты проверки идентификационных данных ПО системы считают положительными, если номер версии ПО соответствует значениям, приведенным в таблице 3.

Таблица 3 – Идентификационные данные встроенного программного обеспечения

Идентификационные данные (признаки)	Значение
Идентификационное наименование ПО	oprosk2r.exe
Номер версии (идентификационный номер) ПО	v.01.xx
Цифровой идентификатор ПО	—

11 ОПРЕДЕЛЕНИЕ МЕТРОЛОГИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ И ПОДТВЕРЖДЕНИЕ СООТВЕТСТВИЯ СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ МЕТРОЛОГИЧЕСКИМ ТРЕБОВАНИЯМ

11.1 Определение погрешности преобразований электрического сигнала в технологический параметр ИК проводят для каждого ИК системы во всех поверяемых точках.

11.2 На калибраторе выставить значение электрического сигнала:

- 4 мА для ИК с диапазоном изменений электрического сигнала от 4 до 20 мА;
- 0 мА для ИК с диапазоном изменений электрического сигнала от 0 до 20 мА;
- минус 10 В для ИК с диапазоном изменений электрического сигнала от минус 10 до плюс 10 В.

Подать сигнал в виде постоянного тока $I_{\text{Э}j}$, мА (постоянного напряжения $U_{\text{Э}j}$, В) на соответствующие клеммы стенда системы (входной сигнал ИК).

Считать значение выходного сигнала T_j (Y_j) с экрана компьютера (на пульте управления).

11.3 Повторить измерения для значений электрического сигнала:

- 12 и 20 мА с диапазоном изменений электрического сигнала от 4 до 20 мА;
- 12 и 20 мА с диапазоном изменений электрического сигнала от 0 до 20 мА;
- 0 и плюс 10 В с диапазоном изменений электрического сигнала от минус 10 до плюс 10 В.

11.4 Рассчитать абсолютную погрешность преобразований электрического сигнала в технологический параметр ИК Δ_j , °С, по формуле

$$\Delta_j = T_j - T_{\text{Э}j}, \quad (1)$$

где T_j – значение температуры, °С, считанное с экрана компьютера (на пульте управления).

$T_{\text{Э}j}$ – значение температуры, °С, соответствующее установленному на калибраторе значению постоянного тока $I_{\text{Э}j}$, мА.

11.5 Рассчитать приведенную погрешность преобразований электрического сигнала в технологический параметр ИК γ_j , %, по формуле

$$\gamma_j = \frac{Y_j - Y_{\text{Э}j}}{D_j} \cdot 100, \quad (2)$$

где Y_j – значение технологического параметра, считанное с экрана компьютера (на пульте управления).

$Y_{\text{Э}j}$ – значение технологического параметра, соответствующее установленному на калибраторе значению постоянного тока $I_{\text{Э}j}$, мА (постоянного напряжения $U_{\text{Э}j}$, В),

D_j – верхний предел диапазона преобразований электрического сигнала в технологический параметр ИК.

11.5 Результаты проверки считают положительными, если полученные значения погрешностей находятся в допустимых пределах, приведенных в таблице А.1.

12 ОФОРМЛЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ПОВЕРКИ

12.1 Результаты поверки оформляются протоколом поверки произвольной формы.

12.2 При положительных результатах поверки систему признают пригодной к применению (в части ИК, прошедших поверку с положительным результатом). Нанесение знака поверки на средство измерений не предусмотрено.

12.3 При отрицательных результатах поверки в части ИК, в которых обнаружено несоответствие, систему признают непригодной к применению.

12.4 По заявке заказчика при положительных результатах поверки оформляется свидетельство о поверке, при отрицательных – извещение о непригодности.

12.5 Сведения о результатах поверки передают в Федеральный информационный фонд по обеспечению единства измерений в соответствии с установленным порядком. В сведениях о результатах поверки приводят данные об объеме проведенной поверки (перечень ИК системы, прошедших поверку, с указанием номеров стенда, контроллера, модуля и ИК, типов ПИП, диапазонов изменений электрического сигнала ИК, диапазонов преобразований электрического сигнала в технологический параметр ИК).

Разработчики:

Заведующий отделом 26
УНИИМ – филиал ФГУП
«ВНИИМ им.Д.И.Менделеева»



А.А. Ахмеев

Ведущий инженер отдела 26
УНИИМ – филиал ФГУП
«ВНИИМ им.Д.И.Менделеева»



Е.С. Оглобличева

Приложение А
(обязательное)

Подтверждаемые метрологические требования

Таблица А.1 – Метрологические характеристики

Тип ПИП	Диапазон измерений электрического сигнала ИК	Диапазон преобразований электрического сигнала в технологический параметр ИК	Пределы допускаемой погрешности преобразований электрического сигнала в технологический параметр ИК
термопара ТХК	от 4 до 20 мА	от -50 °С до 100 °С	$\Delta = \pm 1,5 \text{ }^{\circ}\text{C}$
термопара ТХК	от 4 до 20 мА	от 0 °С до 600 °С	$\Delta = \pm 1,5 \text{ }^{\circ}\text{C}$
термопара ТХА	от 4 до 20 мА	от 0 °С до 1200 °С	$\Delta = \pm 2,5 \text{ }^{\circ}\text{C}$
термопара ТВР	от 4 до 20 мА	от 0 °С до 1750 °С	$\Delta = \pm 3 \text{ }^{\circ}\text{C}$
термосопротивление ТМ-119	от 4 до 20 мА	от -50 °С до +100 °С	$\Delta = \pm 0,5 \text{ }^{\circ}\text{C}$
термосопротивление ТЭМ-006	от 4 до 20 мА	от -50 °С до +200 °С	$\Delta = \pm 0,5 \text{ }^{\circ}\text{C}$
датчик давления индуктивный, ДДИ-21	от -10 до +10 В	от 0 до 20 кгс/см ²	$\gamma = \pm 1 \text{ } \%$
датчик давления индуктивный ДДИ-20	от -10 до +10 В	от 0 до 30 кгс/см ²	$\gamma = \pm 1 \text{ } \%$
преобразователь давления Пирани	от 4 до 20 мА	от 0 до 2000 Па	$\gamma = \pm 0,5 \text{ } \%$
преобразователь давления APR-2000	от 4 до 20 мА	от 0 до 163,2 гс/см ²	$\gamma = \pm 0,5 \text{ } \%$
преобразователь давления APR-2000	от 4 до 20 мА	от 0 до 254,93 гс/см ²	$\gamma = \pm 0,5 \text{ } \%$
преобразователь давления APR-2000	от 4 до 20 мА	от 0 до 407,9 гс/см ²	$\gamma = \pm 0,5 \text{ } \%$
преобразователь давления APR-2000	от 4 до 20 мА	от 0 до 16 кПа	$\gamma = \pm 0,5 \text{ } \%$
преобразователь давления APR-2000	от 4 до 20 мА	от 0 до 25 кПа	$\gamma = \pm 0,5 \text{ } \%$
преобразователь давления APC-200, APC-2000	от 4 до 20 мА	от 0 до 10 кгс/см ²	$\gamma = \pm 0,5 \text{ } \%$
преобразователь давления APC-2000	от 4 до 20 мА	от 0 до 30 кгс/см ²	$\gamma = \pm 0,5 \text{ } \%$
преобразователь давления APC-2000	от 4 до 20 мА	от 0 до 50 кгс/см ²	$\gamma = \pm 0,5 \text{ } \%$
преобразователь давления APC-200	от 4 до 20 мА	от 0 до 61,2 кгс/см ²	$\gamma = \pm 0,5 \text{ } \%$
преобразователь давления APC-2000	от 4 до 20 мА	от 0 до 150 мм рт.ст.	$\gamma = \pm 0,5 \text{ } \%$

Тип ПИП	Диапазон измерений электрического сигнала ИК	Диапазон преобразований электрического сигнала в технологический параметр ИК	Пределы допускаемой погрешности преобразований электрического сигнала в технологический параметр ИК
преобразователь давления APC-2000	от 4 до 20 мА	от 0 до 187,5 мм рт.ст.	$\gamma = \pm 0,5 \%$
преобразователь давления APC-2000	от 4 до 20 мА	от 0 до 780 мм рт.ст.	$\gamma = \pm 0,5 \%$
преобразователь давления PC-28	от 4 до 20 мА	от 0 до 10 кгс/см ²	$\gamma = \pm 0,5 \%$
преобразователь давления PC-28	от 4 до 20 мА	от 0 до 20 кгс/см ²	$\gamma = \pm 0,5 \%$
преобразователь давления PC-28	от 4 до 20 мА	от 0 до 25,5 кгс/см ²	$\gamma = \pm 0,5 \%$
преобразователь давления PC-28	от 4 до 20 мА	от 0 до 61,2 кгс/см ²	$\gamma = \pm 0,5 \%$
преобразователь давления PC-28	от 4 до 20 мА	от 0 до 612 кгс/см ²	$\gamma = \pm 0,5 \%$
преобразователь давления PC-28	от 4 до 20 мА	от 0 до 187,5 мм рт.ст.	$\gamma = \pm 0,5 \%$
преобразователь давления PC-28	от 4 до 20 мА	от 0 до 100 кПа	$\gamma = \pm 0,5 \%$
датчик расхода KROHNE Optimass	от 4 до 20 мА	от 0 до 97,22 г/с	$\gamma = \pm 0,1 \%$
датчик расхода KROHNE Optimass	от 4 до 20 мА	от 0 до 125 г/с	$\gamma = \pm 0,1 \%$
шунт (ток клапана, ток агрегата зажигания)	от 0 до 20 мА	от 0 до 1,1 А	$\gamma = \pm 0,5 \%$
шунт (ток сигнализатора давления)	от 0 до 20 мА	от 0 до 165 мА	$\gamma = \pm 0,5 \%$
шунт (напряжение блока питания)	от 0 до 20 мА	от 0 до 60 В	$\gamma = \pm 0,5 \%$
шунт (напряжение клапана, напряжение управляющего клапана)	от -10 до +10 В	от -90 до +90 В	$\gamma = \pm 0,5 \%$