

СОГЛАСОВАНО
Руководитель ЛОЕИ
ООО «ПРОММАШТЕСТ Метрология»



К.Б. Козлов

«10» февраля 2023 г.

Государственная система обеспечения единства измерений.

Датчики силоизмерительные тензорезисторные.

МЕТОДИКА ПОВЕРКИ

МП-130-2023

г. Чехов,
2023 г.

О г л а в л е н и е

1 Общие положения.....	3
2 Перечень операций поверки средства измерений	3
3 Требования к условиям проведения поверки.....	4
4 Требования к специалистам, осуществляющим поверку	4
5 Метрологические и технические требования к средствам поверки	4
6 Требования (условия) по обеспечению безопасности проведения поверки	5
7 Внешний осмотр средства измерений	5
8 Подготовка к поверке и опробование средства измерений	6
9 Определение метрологических характеристик и подтверждение соответствия метрологическим требованиям.....	7
10 Оформление результатов поверки	10
ПРИЛОЖЕНИЕ А.....	11

1 Общие положения

1.1 Настоящая методика поверки распространяется на датчики силоизмерительные тензорезисторные (далее – датчик(-и)), производства Tokyo Measuring Instruments Laboratory Co., Ltd., Япония, применяемых в качестве рабочих средств измерений и устанавливает методы их первичной и периодической поверки.

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

Таблица 1 – Метрологические характеристики (требования)

Модель	Нижний предел измерений, % от $F_{\text{ном}}$	Выходной сигнал при $F_{\text{ном}}^1$, мВ/В	Коэффициент преобразования ¹⁾ , $\frac{\text{кН}}{\text{мВ/В}}$	Номинальное усилие ¹⁾ , $F_{\text{ном}}$, кН	Пределы допускаемой относительной погрешности измерений силы ¹⁾ , %
KCM-[C][D][E]	10	от 0,5 до 4,5	от 0,0022 до 2000	10; 20; 50; 100; 200; 300; 500; 1000	$\pm 0,5$; ± 1 ; ± 2
KCE-[C][D][E]				500; 1000	$\pm 0,5$; ± 1 ; ± 2
KCH-[C][D][E]				500; 1000	$\pm 0,5$; ± 1 ; ± 2
KCC-[C][D][E]				200; 500; 1000	± 1 ; ± 2 ; ± 3
KCG-[C][D][E]				200	$\pm 0,5$; ± 1 ; ± 2
KCK-[C][D][E]				500; 1000	± 1 ; ± 2 ; ± 3
TCLZ-[C][D][E]				0,01; 0,02; 0,05; 0,1; 0,2; 0,5; 1; 2; 5; 10	$\pm 0,06$; $\pm 0,1$; $\pm 0,3$
TCLB-[C][D][E]				0,05; 0,1; 0,2	$\pm 0,1$; $\pm 0,3$; $\pm 0,5$
TCLA-[C][D][E]				0,5	$\pm 0,3$; $\pm 0,5$; ± 1
TCLY-[C][D][E]				1; 2; 5; 10; 20	$\pm 0,2$; $\pm 0,5$; ± 1
TCLN-[C][D][E]				300; 500; 1000	$\pm 0,2$; $\pm 0,5$; ± 1
TCLN-[C][D][E]				0,5; 1; 2; 5	$\pm 0,5$; ± 1 ; ± 2
TCLK-[C][D][E]				5; 10; 20; 50	$\pm 0,1$; $\pm 0,3$; $\pm 0,5$
TCLU-[C][D][E]				10; 20; 50; 100; 200	$\pm 0,15$; $\pm 0,3$; $\pm 0,5$
TCLM-[C][D][E]				10; 20; 50; 100; 200	$\pm 0,06$; $\pm 0,1$; $\pm 0,3$
TCLP-[C][D][E]				10; 20; 30; 50; 100; 200; 300; 500; 1000	$\pm 0,1$; $\pm 0,3$; $\pm 0,5$
TLJ-[C][D][E]				10; 20; 50; 100	$\pm 0,06$; $\pm 0,1$; $\pm 0,3$
TLP-[C][D][E]	10; 20; 30; 50; 100; 200; 300; 500; 1000	$\pm 0,1$; $\pm 0,3$; $\pm 0,5$			

¹⁾ Конкретное значение указывается в паспорте

1.3 При определении метрологических характеристик в рамках проводимой поверки обеспечивается прослеживаемость датчиков в соответствии с государственной поверочной схемой для средств измерений силы, утвержденной приказом Росстандарта от «22» октября 2019 г. № 2498, к государственному первичному эталону единицы силы ГЭТ 32-2011.

1.4 В методике поверки реализован следующий метод передачи единиц: метод прямых измерений.

2 Перечень операций поверки средства измерений

2.1 При проведении поверки выполняются следующие операции, указанные в таблице 2.

Таблица 2 – Перечень операций поверки

Наименование операции	Обязательность проведения операций поверки при		Номер раздела (пункта) методики поверки, в соответствии с которыми выполняется операция поверки
	первичной поверке	периодической поверке	
1	2	3	4
Внешний осмотр средства измерений	Да	Да	7
Подготовка к поверке и опробование средства измерений	Да	Да	8
Определение метрологических характеристик и подтверждение соответствия метрологическим требованиям	-	-	9
Определение относительной погрешности измерений силы	Да	Да	9.1
Оформление результатов поверки	Да	Да	10

2.2 Последовательность проведения операций поверки обязательна.

2.3 Если при проведении той или иной операции получают отрицательный результат, дальнейшую поверку прекратить, датчик признать непригодным к применению и перейти к оформлению результатов поверки по п. 10.

3 Требования к условиям проведения поверки

3.1 При проведении поверки в лаборатории соблюдать следующие условия:

- температура окружающего воздуха, °С от плюс 15 до плюс 25
- относительная влажность воздуха, % от 20 до 80
- изменение температуры за время поверки, °С ±1

3.2 В помещении не допускаются сквозняки и сильные конвекционные воздушные потоки.

3.3 Должны отсутствовать источники вибрации, влияющие на работу средств поверки и датчиков.

4 Требования к специалистам, осуществляющим поверку

4.1 К проведению поверки допускается персонал, изучивший эксплуатационную документацию на поверяемый датчик и средства измерений, участвующих при проведении поверки.

4.2 Для проведения поверки достаточно одного специалиста.

5 Метрологические и технические требования к средствам поверки

5.1 При проведении поверки применяют средства, указанные в таблице 3.

Таблица 3 – Средства поверки

Операции поверки, требующие применение средств поверки	Метрологические и технические требования к средствам поверки, необходимые для проведения поверки	Перечень рекомендуемых средств поверки
1	2	3
п. 8.1.1 Контроль условий поверки (при подготовке к поверке и опробовании средства измерений)	Средство измерений температуры окружающей среды: диапазон измерений от +15 до +25 °С, пределы допускаемой абсолютной погрешности ±0,2 °С Средство измерений относительной влажности окружающей среды: диапазон измерений от 20 до 80 %, пределы допускаемой абсолютной погрешности ±2 %	Измеритель температуры и относительной влажности воздуха ИВТМ-7М-Д, рег. № 71394-18

Продолжение таблицы 3

1	2	3
<p>п. 8 Подготовка к поверке и опробование средства измерений</p> <p>п. 9 Определение метрологических характеристик и подтверждение соответствия метрологическим требованиям</p>	<p>Рабочие эталоны 1-го разряда в соответствии с Государственной поверочной схемой для средств измерений силы, утвержденной приказом Росстандарта от «22» октября 2019 г. №2498 - машины силовоспроизводящие с диапазоном измерений от 0,001 до 1000,0 кН и погрешностью, не превышающей 1/3 пределов допускаемой относительной погрешности измерений силы поверяемого датчика</p>	<p>Машины силовоспроизводящие гидравлические МС, рег. № 86729-22</p>
	<p>Средства измерений электрических сигналов от тензометрических датчиков с диапазоном измерений $\pm 4,5$ мВ/В, ПГ $\pm 0,002$ %</p>	<p>Усилитель измерительный ТС 225.1, рег. № 80694-20</p>
	<p>ИЛИ</p> <p>Средства измерений напряжения постоянного тока с диапазоном измерений от 0 до 10 мВ, пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений $\pm(2,5 \cdot 10^{-6} \cdot D + 3,5 \cdot 10^{-6} \cdot E)$ В, D – измеряемое значение, E – верхнее граничное значение диапазона измерения</p>	<p>Мультиметр 3458А, рег. № 25900-03</p>
	<p>Источник питания постоянного тока с диапазоном выходного напряжения от 2 до 15 В</p>	<p>Источник питания постоянного тока GPR мод. GPR-76030D, рег. № 55898-13</p>
	<p>Средства измерений интервалов времени: диапазон измерений от 0 до 3600 с, ПГ $\pm 0,6$ с в интервале до 600 с.</p>	<p>Секундомер механический СОСпр, рег. № 11519-11</p>
<p><i>Примечание – допускается использовать при поверке другие утверждённые и аттестованные эталоны единиц величин, средства измерений утверждённого типа и поверенные, удовлетворяющие метрологическим требованиям, указанным в таблице.</i></p>		

6 Требования (условия) по обеспечению безопасности проведения поверки

6.1 Все операции поверки, предусмотренные настоящей методикой поверки, экологически безопасны. При их выполнении проведение специальных защитных мероприятий по охране окружающей среды не требуется.

6.2 При проведении поверки соблюдать требования безопасности, определяемые:

- правилами безопасности труда и пожарной безопасности, действующими на месте проведения поверки;
- правилами безопасности при эксплуатации используемых средств поверки и поверяемого датчика, приведенными в их эксплуатационной документации.

7 Внешний осмотр средства измерений

7.1 При внешнем осмотре проверить:

- соответствие комплектности датчика требованиям эксплуатационной документации;
- отсутствие механических повреждений и дефектов, влияющих на правильность функционирования и метрологические характеристики датчика, а также отсутствие повреждений, препятствующих проведению поверки;

- соответствие внешний вид датчика требованиям эксплуатационной документации и изображению и описанию, приведенным в описании типа средств измерений, в том числе соответствие идентификационной наклейки.

7.2 Внешний осмотр считать положительным, если по результатам проверки датчик соответствует всем вышеперечисленным требованиям.

8 Подготовка к поверке и опробование средства измерений

8.1 Перед проведением поверки должны быть выполнены следующие подготовительные работы

8.1.1 Контроль условий поверки

8.1.1.1 Перед проведением поверки датчик и средства поверки выдержать не менее трёх часов в условиях окружающей среды, согласно раздела 3 настоящего документа;

Примечание – контролировать изменение температуры в ходе поверки. Изменение температуры во время поверки не должно превышать значения, приведённого в разделе 3 настоящего документа.

8.1.1.2 Проверить соблюдение мероприятий по технике безопасности в соответствии с разделом 6 настоящего документа.

8.1.2 Подготовить к работе датчик и средств поверки согласно их эксплуатационной документации.

8.1.3 Установить с помощью переходников (при необходимости) поверяемый датчик в рабочее пространство машины силовоспроизводящей для воспроизведения усилия:

- сжатия для модификаций **КС[B]-[C][D][E]** и **TCL[B]-[C][D][E]**;

- растяжения для модификаций **TL[B]-[C][D][E]**.

8.1.4 Подключить датчик к измерительному усилителю или источнику питания и мультиметру (далее измерительный усилитель или мультиметр – считывающее устройство) в соответствии со схемой, приведённой на рисунке 1.

Примечание. При использовании источника питания и мультиметра для упрощения расчёта выходного сигнала рекомендуется подавать питание напряжением постоянного тока 10 В.

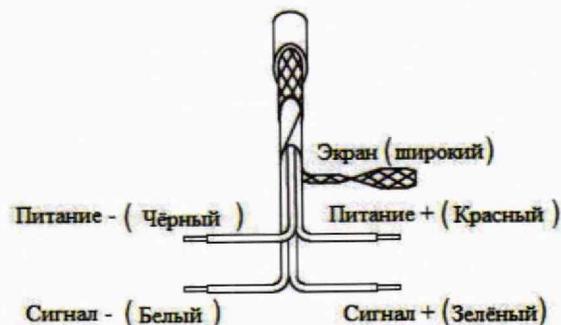


Рисунок 1 – Схема подключения датчика

(возможна иная цветовая схема подключения, при поверке необходимо сверяться с цветовой схемой подключения, приведённой в паспорте)

8.2 При опробовании выполнить следующие процедуры.

8.2.1 Нагрузить датчик его номинальным усилием.

Примечание. Здесь и далее скорость нагружения (разгружения) не должна превышать 10 % от верхнего предела измерений датчика в секунду.

8.2.2 Выдерживать датчик под нагрузкой в течение не менее 10 минут.

8.2.3 Разгрузить датчик.

8.2.4 Выдержать датчик в разгруженном состоянии 3 – 3,5 минуты.

8.2.5 Повторить действия по п.п. 8.2.1 – 8.2.4 два раза, но выдержка под нагрузкой должна быть снижена и составлять 1 – 1,5 минуты.

8.2.6 Опробование считать положительным, если показания датчика (выходной сигнал) под нагрузкой стабильны до третьей значащей цифры.

9 Определение метрологических характеристик и подтверждение соответствия метрологическим требованиям

9.1 Определение относительной погрешности измерений силы

Определение метрологических характеристик выполнить сразу же по завершению операций по п. 8.2.5.

9.1.1 Обнулить показания машины.

9.1.2 Провести нагружение датчика эталонными силами (нагрузками) с возрастающими значениями в точках равных 10 %, 20 %, 30 %, 40 %, 50 %, 60 %, 70 %, 80 %, 90 % и 100 % от номинального усилия.

Примечание – здесь и далее переменны знака нагрузки до окончания нагружения/разгружения не допускаются. В случае несоблюдения этого требования снять нагрузку и провести нагружения/разгружения заново.

9.1.3 В каждой точке диапазона измерений считать и занести в протокол поверки (здесь и далее – рекомендуемая форма протокола поверки приведена в Приложении А) значение по показаниям датчика (X_i).

Примечание - Здесь и далее считывание значений по показаниям датчика проводить спустя:

- 10 с для датчиков с номинальным усилием до 100 Н включ.
- 20 с для датчиков с номинальным усилием св. 100 до 1000 Н включ.
- 30 с для датчиков с номинальным усилием св. 1000 Н до 10 кН включ.
- 40 с для датчиков с номинальным усилием св. 10 до 100 кН включ.
- 50 с для датчиков с номинальным усилием св. 100 до 1000 кН включ.

9.1.4 Разгрузить датчик и далее считать, и занести в протокол поверки его показания в разгруженном состоянии.

9.1.5 Выдержать датчик в разгруженном состоянии 3 – 3,5 минуты

9.1.6 Повторить операции по п.п. 9.1.1 – 9.1.5 при неизменном положении датчика в рабочем пространстве машины.

9.1.7 Установить датчик в рабочее пространство машины с поворотом вокруг оси крепления, приблизительно, на 120° относительно исходного положения (см. рисунок 3)

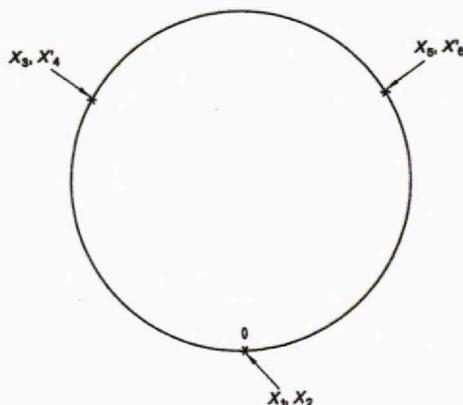


Рисунок 3 - Схема установки датчика в рабочем пространстве машины

9.1.8 Провести нагружение датчика эталонными силами по тем же точкам.

9.1.9 Провести разгружение датчика по тем же точкам.

9.1.10 В каждой точке считать и занести в протокол поверки значение по показаниям датчика при нагружении (X_i) и разгружении (X'_i)

9.1.11 Разгрузить датчик полностью и далее считать, и занести в протокол поверки его показания в разгруженном состоянии.

9.1.12 Выдержать датчик в разгруженном состоянии 3 – 3,5 минуты.

9.1.13 Повернуть датчик в рабочем пространстве машины силовоспроизводящей с вокруг оси крепления ещё, приблизительно, на 120° .

9.1.14 Повторить операции по п.п. 9.1.8 – 9.1.11.

9.1.15 Если датчик при эксплуатации применяют только для измерений возрастающих нагрузок, то в любое время после операций по п. 8.2 выполнить операции по п.п. 9.1.15.1 - 9.1.15.2 или 9.1.15.3 - 9.1.15.5.

9.1.15.1 Нагрузить датчик его номинальным усилием.

9.1.15.2 Считать и занести в протокол поверки значения по показаниям датчика спустя 30 и 300 секунд.

9.1.15.3 Нагрузить датчик его номинальным усилием и выдержать под нагрузкой 60 секунд.

9.1.15.4 Разгрузить датчик.

9.1.15.5 Считать и занести в протокол поверки значения по показаниям датчика спустя 30 и 300 секунд.

9.1.16 Для датчиков модификаций TCL[B]-[C][D][E] провести операции по п.п. 9.1.1 – 9.1.15 в режиме растяжения.

9.1.17 Определение составляющих погрешности, связанных с воспроизводимостью показаний (b) и повторяемостью показаний динамометров (b').

9.1.17.1 Рассчитать эти составляющие погрешности для каждой точки нагружения при вращении датчика (b) и без вращения (b'), с помощью следующих формул (1) – (4):

$$b = \left| \frac{X_{max} - X_{min}}{\bar{X}_r} \right| \cdot 100 \%, \quad (1)$$

$$\text{где } \bar{X}_r = \frac{X_1 + X_3 + X_5}{3} \quad (2)$$

$$b' = \left| \frac{X_2 - X_1}{\bar{X}_{wr}} \right| \cdot 100 \%, \quad (3)$$

$$\text{где } \bar{X}_{wr} = \frac{X_1 + X_2}{2} \quad (4)$$

9.1.17.2 Результаты вычислений для каждой точки занести в протокол поверки.

9.1.18 Определение составляющей погрешности, связанной с дрейфом нуля (f_0)

9.1.18.1 Рассчитать составляющую погрешности, связанную с дрейфом нуля, по формуле (5):

$$f_0 = \frac{i_f - i_0}{X_N} \cdot 100 \% \quad (5)$$

где i_0 и i_f - показания датчика до приложения нагрузки и после полного разгружения соответственно, мВ/В;

X_N - показание датчика после приложения эталонной нагрузки, равной номинальному усилию датчика, мВ/В.

9.1.18.2 За окончательный результат принять максимальное полученное значение f_0 . Результат занести в протокол поверки.

9.1.19 Определение составляющей погрешности, связанной с гистерезисом (v).

9.1.19.1 Если динамометр при эксплуатации применяют только для измерений возрастающих нагрузок, то при поверке допускается не определять составляющую погрешности, связанную с гистерезисом.

9.1.19.2 Рассчитать составляющую погрешности, связанную с гистерезисом, по разности между значениями, полученными для серий нагружений с возрастающими и убывающими нагрузками, используя формулы (6) – (8):

$$v = \frac{v_1 + v_2}{2} \quad (6)$$

$$\text{где } v_1 = \left| \frac{X'_4 - X_3}{X_3} \right| \cdot 100 \%; \quad v_2 = \left| \frac{X'_6 - X_5}{X_5} \right| \cdot 100 \% \quad (7); (8)$$

9.1.19.3 Результаты вычислений для каждой точки занести в протокол поверки.

9.1.20 Определение составляющей погрешности, связанной с ползучестью (c).

9.1.20.1 Определение составляющей погрешности, связанной с ползучестью, проводить только при условии выполнении операций по п. 9.1.15.

9.1.20.2 Для определения составляющей погрешности, связанной с ползучестью, рассчитать разницу значений по показаниям датчика i_{300} , полученному на 300 секунде, и i_{30} , полученному на 30 секунде, после приложения или снятия эталонной нагрузки, равной номинальному усилию датчика; выразить эту разницу в процентах от показания датчика после приложения эталонной нагрузки, равной номинальному усилию датчика, по формуле (9):

$$c = \left| \frac{i_{300} - i_{30}}{X_N} \right| \cdot 100 \% \quad (9)$$

9.1.20.3 Результаты вычислений занести в протокол поверки.

9.1.21 Определение составляющей погрешности, связанной с интерполяцией (f_c).

9.1.21.1 Для каждой точки нагружения рассчитать составляющую погрешность, связанную с интерполяцией, по формуле (10):

$$f_c = \frac{\bar{X}_r - X_a}{X_a} \cdot 100 \% \quad (10)$$

где X_a - значение, рассчитанное по градуировочной характеристике $X_a = X_a(F)$, где F - приложенная эталонная сила (нагрузка).

Для определения градуировочной характеристики полученные значения \bar{X}_r занести в приложение MS Excel. Выбрать иконку «Мастер диаграмм» и построить график зависимости показаний по датчику от приложенной силы. В окне диаграммы щёлкнуть правой клавишей мыши на полученном графике и в открывшемся меню выбрать пункт «добавить линию тренда», выбрать тип «полиномиальная», во вкладке «Параметры» поставить галочку рядом с пунктом «Показывать уравнение на диаграмме». В окне диаграммы появится уравнение интерполяции. Записать уравнение интерполяции в протокол испытаний.

9.1.21.2 Результаты вычислений для каждой точки занести в протокол испытаний.

9.1.22 Оценка относительной погрешности датчика.

9.1.22.1 Доверительную относительную погрешность, т.е. интервал, в котором с вероятностью 0,95 лежит значение погрешности, оценить по формуле (11):

$$W = k \cdot w_c \quad (11)$$

$$\text{где } w_c = \sqrt{w_1^2 + w_2^2 + w_3^2 + w_4^2 + w_5^2 + w_6^2} \quad (12)$$

$k = 2$, для уровня доверия 0,95;

w_1 – относительная стандартная неопределенность, связанная с приложенной эталонной силой (принять равной половине допускаемой относительной погрешности измерений силы машины);

w_2 – относительная стандартная неопределенность, связанная с воспроизводимостью результатов измерений. Определить по формуле (13):

$$w_2 = \frac{1}{|\bar{X}_r|} \cdot \sqrt{\frac{1}{6} \cdot \sum_{i=1,3,5} (X_i - \bar{X}_r)^2} \cdot 100 \% \quad (13)$$

w_3 – относительная стандартная неопределенность, связанная с повторяемостью результатов измерений. Определить по формуле (14):

$$w_3 = \frac{b'}{100 \cdot \sqrt{3}} \cdot 100 \% \quad (14)$$

w_4 – относительная стандартная неопределенность, связанная с гистерезисом, учитывать и рассчитывать, если датчик при эксплуатации применяют для измерений возрастающих и убывающих нагрузок. Определить по формуле (15):

$$w_4 = \frac{v}{100 \cdot \sqrt{3}} \cdot 100 \% \quad (15)$$

w_4 – относительная стандартная неопределенность, связанная с ползучестью, учитывать и рассчитывать, если датчик при эксплуатации применяют для измерений только возрастающих нагрузок. Определить по формуле (16):

$$w_4 = \frac{c}{100 \cdot \sqrt{3}} \cdot 100 \% \quad (16)$$

$w_5 = \max(f_0)$ – относительная стандартная неопределенность, связанная с дрейфом нуля.

$w_6 = f_c$ – относительная стандартная неопределенность, связанная с интерполяцией.

9.1.22.2 Результаты вычислений занести в протокол поверки.

9.1.22.3 Результаты считать положительными, если полученный интервал не выходит за пределы относительной погрешности, что выражается неравенством (17):

$$W \leq \delta \quad (17)$$

где δ – пределы допускаемой относительной погрешности измерений силы, % (см. таблицу 1).

10 Оформление результатов поверки

10.1 Сведения о результатах датчиков передаются в Федеральный информационный фонд по обеспечению единства измерений в соответствии с порядком создания и ведения Федерального информационного фонда по обеспечению единства измерений, передачи сведений в него и внесения изменений в данные сведения, предоставления содержащихся в нем документов и сведений, предусмотренным частью 3 статьи 20 Федерального закона № 102-ФЗ.

10.1.1 При положительных результатах поверки по заявлению владельца средства измерений или лица, представившего его на поверку, выдается свидетельство о поверке средства измерений, оформленное в соответствии с действующими нормативно-правовыми документами. Нанесение знака поверки на средство измерений не предусмотрено. Пломбирование датчика не производится

10.1.2 При отрицательных результатах поверки по заявлению владельца средства измерений или лица, представившего его на поверку, выдается извещение о непригодности к применению средства измерений, оформленное в соответствии с действующими нормативно-правовыми документами.

Инженер по метрологии ЛОЕИ
ООО «ПРОММАШ ТЕСТ Метрология»


_____ В.А. Лапшинов

