

ФГУП «ВСЕРОССИЙСКИЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ
МЕТРОЛОГИЧЕСКОЙ СЛУЖБЫ»

ФГУП «ВНИИМС»

СОГЛАСОВАНО
Генеральный директор
ООО «Митутойо РУС»
А.Н. Литинский
«19» мая 2021 г.



СОГЛАСОВАНО
Зам. директора
по производственной метрологии
ФГУП «ВНИИМС»
И.В. Иванникова
«19» мая 2021 г.



Государственная система обеспечения единства измерений

**МАШИНЫ КООРДИНАТНЫЕ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ ПОРТАЛЬНЫЕ
CRYSTA-APEX**

МЕТОДИКА ПОВЕРКИ

МП 203-10-2021

1. Общие положения

Настоящая методика поверки распространяется на (далее – КИМ), изготовленные «Mitutoyo Corporation», Япония и устанавливает методы и средства их первичной и периодической поверок.

1.1. Методика поверки распространяется на машины координатные измерительные портальные CRYSTA-Arex.

1.2. Машины координатные измерительные портальные CRYSTA-Arex не относятся к многоканальным измерительным системам, многопредельным и многодиапазонным средствам измерений, не состоят из нескольких автономных блоков и не предназначены для измерений (воспроизведения) нескольких величин. Поверка отдельных измерительных каналов и (или) отдельных автономных блоков из состава средства измерений для меньшего числа измеряемых величин или на меньшем числе поддиапазонов измерений не предусмотрена.

1.3. КИМ до ввода в эксплуатацию, а также после ремонта подлежат первичной поверке, в процессе эксплуатации – периодической поверке.

1.4. Первичной поверке подвергается каждый экземпляр КИМ.

1.5. Периодической поверке подвергается каждый экземпляр КИМ, находящегося в эксплуатации, через межповерочные интервалы, а также КИМ, повторно вводимых в эксплуатацию после их длительного хранения (более одного межповерочного интервала).

1.6. Поверка КИМ в сокращенном объеме не предусмотрена.

1.7. Обеспечение прослеживаемости поверяемой КИМ к государственному первичному эталону осуществляется посредством Государственной поверочной схемы для средств измерений длины геометрических параметров поверхностей сложной формы, в том числе эвольвентных поверхностей и угла наклона линии зуба, утвержденной приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии № 472 от 06 апреля 2021 г.

2. Перечень операций поверки средства измерений

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

Таблица 1

Наименование операции	Номер пункта методики поверки	Проведение операции при	
		первичной поверке	периодической поверке
1	2	3	4
Внешний осмотр	7.	Да	Да
Подготовка к поверке и опробование	8.	Да	Да
Идентификация программного обеспечения машин	9.	Да	Да
Определение метрологических характеристик:	10		
Определение абсолютной погрешности измерительной головки	10.1	Да	Да
Определение допускаемой абсолютной объемной погрешности	10.2	Да	Да
Определение допускаемой абсолютной погрешности сканирования контактных измерительных	10.3	Да	Да

головок за определенное время			
-------------------------------	--	--	--

3. Требования к условиям проведения поверки

- 3.1. При проведении поверки температура воздуха в помещении не должна превышать (20 ± 2) °С (для нормальных условий) и (21 ± 6) °С (для расширенного диапазона)
- 3.2. Относительная влажность воздуха должна быть не более 65 %
- 3.3. КИМ и средства поверки должны быть установлены на специальных основаниях (фундаментах), не подвергающихся механическим (вибрация, деформация, сдвиги) и температурным воздействиям

4. Требования к специалистам, осуществляющим поверку

- 4.1. Поверку КИМ проводят аттестованные в установленном порядке поверители метрологических служб юридических лиц и индивидуальных предпринимателей, аккредитованные на проведение поверки в соответствии с законодательством Российской Федерации об аккредитации в национальной системе аккредитации.
- 4.2. Поверители обязаны иметь профессиональную подготовку и опыт работы с КИМ, а также обязаны знать требования руководства по эксплуатации на КИМ и требования настоящей методики.
- 4.3. Для проведения поверки КИМ достаточно одного поверителя.

5. Метрологические и технические требования к средствам поверки

- 5.1. При проведении поверки должны применяться средства поверки, указанные в таблице 2.

Таблица 2

Номер пункта методики поверки	Наименование и тип (условное обозначение) основного или вспомогательного средства поверки; обозначение нормативного документа, регламентирующего технические требования, и (или) метрологические и основные технические характеристики средства поверки
1	2
10.1	Мера для поверки систем координатно-измерительных ROMER Absolute Arm: сфера без покрытия (рег. № 64593-16), стойка; приспособление для крепления сферы
10.2.	Меры длины концевые плоскопараллельные номиналом от 50 до 1000 мм, 3 разряд согласно 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, утвержденной приказом Росстандарта № 2840 от 29 декабря 2018 г.;
10.3	Мера для поверки систем координатно-измерительных ROMER Absolute Arm: сфера без покрытия (рег. № 64593-16), стойка; приспособление для крепления сферы; Секундомер механический СОСпр (рег. № 11519-11)

Примечания:

Все используемые средства поверки должны быть исправны и иметь действующие свидетельства о поверке.

Работа со средствами измерений должна производиться в соответствии с их эксплуатационной документацией.

Допускается применение аналогичных средств поверки, не приведенных в перечне, но обеспечивающих определение метрологических характеристик поверяемых средств измерений с требуемой точностью.

6. Требования (условия) по обеспечению безопасности проведения поверки

При проведении поверки КИМ должны соблюдаться следующие требования безопасности, а также изложенные в документации на поверяемые КИМ.

- электронная аппаратура КИМ и поверочного оборудования должны быть заземлены, во время работы кожухи электронной аппаратуры должны быть закрыты.

- до включения в сеть электронной аппаратуры должны быть подключены необходимые электрические кабели. Запрещается во время работы отсоединять их, а также производить замену предохранителей.

- установленные предохранители должны соответствовать маркировке на панелях.

- запрещается вскрывать и переставлять составные части КИМ и поверочного оборудования при включенных в сеть кабелях питания.

- при подготовке к проведению поверки должны быть соблюдены требования пожарной безопасности при работе с легковоспламеняющимися жидкостями, к которым относится бензин, используемый для промывки;

- бензин хранят в металлической посуде, плотно закрытой металлической крышкой, в количестве не более однодневной нормы, требуемой для промывки;

- промывку проводят в резиновых технических перчатках типа II по ГОСТ 20010-93.

7. Внешний осмотр

7.1. При внешнем осмотре должно быть установлено соответствие поверяемого СИ утвержденному типу, а также требованиям паспорта в части комплектности, а именно:

- наружные поверхности КИМ не должны иметь дефектов, влияющих на ее эксплуатационные характеристики;

- на рабочих поверхностях КИМ не должно быть царапин, забоин и других дефектов, влияющих на плавность перемещений подвижных узлов КИМ;

- наконечники щупов не должны иметь сколов, царапин и других дефектов;

- маркировка и комплектность должны соответствовать требованиям технической документации.

8. Подготовка к поверке и опробование

8.1. КИМ подготавливают к работе в соответствии с требованиями эксплуатационной документации,

- измерительные поверхности эталонных средств измерений: измерительных щупов, концевых мер длины, калибровочной сферы, типовой детали очищают от смазки, промывают авиационным бензином марки Б-70 по ГОСТ 1012-72 и спиртом ректификатом по ГОСТ 18300-72 и протирают чистой салфеткой,

- эталонные средства выдерживают до начала измерений в помещении, где проводят поверку КИМ, в рабочем положении в течение 12-24 часов.

8.2. Процедура опробования состоит в следующем:

- проверить взаимодействие частей на холостом ходу перемещением подвижных узлов на полные диапазоны. Перемещения должны быть плавными, без рывков и скачков.

- провести вручную однократное измерение типовой детали или концевой меры длины с использованием всех функциональных (узлов и программного обеспечения) КИМ. Затем то же самое выполнить в автоматическом режиме.

9. Идентификация программного обеспечения

Идентификацию ПО машин координатных измерительных проводят по следующей методике:

- произвести запуск ПО;
- проверить наименование программного обеспечения и его версию.

КИМ считается прошедшей поверку в части программного обеспечения, если ПО и его версия соответствует данным приведенным в таблице 3

Таблица 3

Идентификационное наименование программного обеспечения	Номер версии
MCOSMOS	4.X и выше
MiCAT Planner	1.X и выше
MODUS	1.X и выше

10. Определение метрологических характеристик средства измерений

10.1. Определение абсолютной погрешности измерительной головки

Сферу установить на плите рабочего стола КИМ с помощью стойки. Для измерений использовать самый жесткий щуп. Произвести измерения поверхности сферы в 25 дискретных точках равномерно размещенных на полусфере испытуемой сферы.

Рекомендуемая модель измерений включает:

- одну точку на вершине испытуемой сферы;
- четыре точки, равномерно распределенных на окружности, расположенной на $22,5^\circ$ ниже вершины (рис. 1);
- восемь точек равномерно распределенных на окружности, расположенной на 45° ниже вершины и повернутых на $22,5^\circ$ относительно предыдущей группы;
- четыре точки равномерно распределенных на окружности, расположенной на $67,5^\circ$ ниже вершины и повернутых на $22,5^\circ$ относительно предшествующей группы.
- восемь точек равномерно распределенных на окружности, расположенной на 90° ниже вершины, т.е. на диаметре и повернутых относительно предыдущей группы на $22,5^\circ$

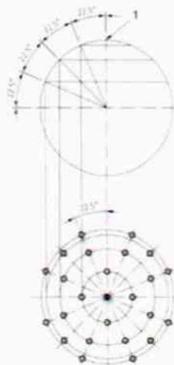


Рисунок 1 – Распределение точек на сфере для определения погрешности измерительной головки

Погрешность измерительной головки, R_{FTU} определяют как сумму максимальных отклонений измеренного профиля в положительную и отрицательную области от средней сферы, рассчитанной по методу наименьших квадратов

$$P_{FTU} = \max_i (D_{i+}) + \max (D_{i-}), \text{ мм},$$

где:

D_{i+} - отклонение точки i от средней сферы в положительную область,

D_{i-} - отклонение точки i от средней сферы в отрицательную область.

Погрешность измерительной головки P_{FTU} не должна превышать значения $P_{FTU, MPE}$, указанного в таблице 4.

Таблица 4

Модификация машины	Пределы допускаемой абсолютной погрешности измерительной головки, мкм				
	PH20 и PH10(M/MQ/T/iQ) с датчиком TP20	REVO с датчиком RSP2	REVO с датчиком RSP3	PH10(M/MQ/T/iQ) с датчиком TP200	PH10(M/MQ/T/iQ) с датчиком SP25M; SP80 и MPP310Q
1	2	3	4	5	6
V 544 V 574	±1,8	-	-	±1,5	±1,3
V 776 V 7106 V 9106 V 9108 V 9166 V 9168 V 9206 V 9208 V 9306 V 9308 V 9406 V 9408	±2,2	±4,0	±1,8	±1,9	±1,3
V 121210 V 122010 V 123010 V 124010	±2,4	±2,9	±2,5	±2,0	±1,9
V 162012 V 163012 V 164012 V 165012	±7,0	±7,5	±5,3	±6,0	±3,3
V 162016 V 163016 V 164016 V 165016	±8,0	±8,5	±6,3	±7,0	±4,5
V 203016 V 203020 V 204016 V 204020 V 205016 V 205020	±10,0	±10,5	±8,3	±9,0	±4,5
EX 121210R EX 122010R EX 123010R EX 124010R	-	±2,9	±2,5	-	-

10.2. Определение абсолютной погрешности объемных измерений.

При поверке используют меры длины концевые плоскопараллельные 3-го разряда согласно 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, утвержденной приказом Росстандарта № 2840 от 29 декабря 2018 г. с номиналом от 20 до 1000 мм в соответствии с диапазоном измерений проверяемой модификации.

Концевые меры устанавливаются в пространстве измерений КИМ вдоль линии измерений. При установке мер необходимо применять теплоизолирующие перчатки. Обязательно осуществляется компенсация погрешностей, связанных с отклонениями параметров окружающей среды, отличающихся от нормальных.

Производится сбор точек с измерительных поверхностей пяти концевых мер и определяется их длина. Измерения проводят в семи различных положениях (рис. 2), каждое измерение повторяется 3 раза – общее число измерений составляет не менее 105.

Для диапазона свыше 1200 мм рекомендуется проводить измерения вдоль осей в нескольких местах, равномерно расположенных по длине оси, а для пространственных диагоналей рекомендуется проводить измерения впереди и сзади рабочего объема КИМ справа и слева в четырех угловых положениях.

Измерения должны проводиться в автоматическом режиме.

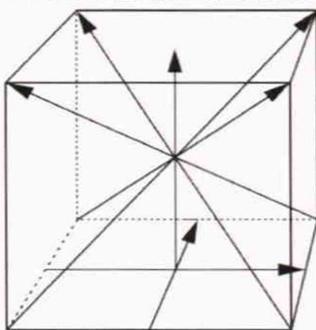


Рисунок 2. Типичные положения, в которых производят измерения в пределах объема КИМ

Для меры номер j определяется действительное значение длины измеряемой меры, $L_{Дjki}$ по формуле:

$$L_{Дjki} = L_{0j} (1 + K_t (t_{Дjki} - t_0)), \text{ где}$$

L_{0j} – номинальная длина меры при температуре $t_0 = 20,5^\circ\text{C}$

$t_{Дjki}$ – температура меры при проведении измерения номер i меры j в положении k ,

t_0 – температура, при которой аттестована КМД,

K_t – интегральный коэффициент теплового расширения КМД.

Далее для каждого измеренного отрезка j в положении k вычисляется погрешность измерения длины, ΔL_{jk} , по формуле:

$$\Delta L_{jk} = \frac{\sum_{i=1}^n (L_{jki} - L_{Дjki})}{n} \text{ мм, где,}$$

L_{jk} – погрешность измерения меры номер j в положении k ,

L_{jki} – измеренная на КИМ длина меры номер j в мм,

$L_{Дjki}$ – действительная длина меры номер j с учетом температурной погрешности,

i – номер измерения,

j – номер меры,

n – число измерений в положении k ,

k – номер положения.

По результатам измерений с использованием мер для наглядности можно построить график пространственной погрешности измерений ΔL_{jk} :

по оси абсцисс откладывается значение L_{0j} в мм, по оси ординат – погрешность ΔL_{jk} .

Строятся графики пространственной погрешности измерений КИМ, представляющие собой прямые линии, построенные по формуле:

$$\Delta L = \left(A + \frac{L}{B} \right), \text{ мкм, где}$$

A и B – заявленные значения постоянной и переменной части составляющих пространственной погрешности измерений для каждого типоразмера машины;

L – измеряемая длина, мм

Значения абсолютной погрешности объемных измерений не должны превышать значений, указанных в таблицах 5 и 6.

Таблица 5 – Пределы погрешности при температуре 18-22 °С;

Модификация машины	Пределы допускаемой абсолютной объемной погрешности с контактными измерительными головками (где L - измеряемая длина, мм), мкм				
	PH20 и PH10(M/MQ/T/iQ) с датчиком TP20	REVO с датчиком RSP2	REVO с датчиком RSP3	PH10(M/MQ/T/iQ) с датчиком TP200	PH10(M/MQ/T/iQ) с датчиком SP25M; SP80 и MPP310Q
V 544 V 574	±(2,2+3L/1000)	-	-	±(1,9+3L/1000)	±(1,7+3L/1000)
V 776 V 7106 V 9106 V 9108 V 9166 V 9168 V 9206 V 9208 V 9306 V 9308 V 9406 V 9408		±(2,3+4L/1000)	±(1,9+4L/1000)		
V 121210 V 122010 V 123010 V 124010	±(2,8+3L/1000)	±(2,9+4L/1000)	±(2,5+3L/1000)		
V 162012 V 163012 V 164012 V 165012	±(7,0+4,5L/1000)	±(5,3+6,5L/1000)	±(4,9+6,5L/1000)	±(6,0+4,5L/1000)	±(3,3+4,5L/1000)
V 162016 V 163016 V 164016 V 165016	±(8,0+5,5L/1000)	±(6,5+7,5L/1000)	±(6,1+7,5L/1000)	±(7,0+5,5L/1000)	±(4,5+5,5L/1000)

Продолжение таблицы 5

Модификация машины	Пределы допускаемой абсолютной объемной погрешности с контактными измерительными головками (где L - измеряемая длина, мм), мкм				
	PH20 и PH10(M/MQ/T/iQ) с датчиком TP20	REVO с датчиком RSP2	REVO с датчиком RSP3	PH10(M/MQ/T/iQ) с датчиком TP200	PH10(M/MQ/T/iQ) с датчиком SP25M; SP80 и MPP310Q
V 203016 V 204016 V 205016 V 203020 V 204020 V 205020	$\pm(10,0+8L/1000)$	$\pm(6,5+10L/1000)$	$\pm(6,1+10L/1000)$	$\pm(9,0+8L/1000)$	$\pm(4,5+8L/1000)$
EX 121210R EX 122010R EX 123010R EX 124010R	-	$\pm(2,9+4L/1000)$	$\pm(2,5+3L/1000)$	-	

Таблица 6 – Пределы погрешности при температуре 16-26 °С;

Модификация машины	Пределы допускаемой абсолютной объемной погрешности с контактными измерительными головками (где L - измеряемая длина, мм), мкм				
	PH20 и PH10(M/MQ/T/iQ) с датчиком TP20	REVO с датчиком RSP2	REVO с датчиком RSP3	PH10(M/MQ/T/iQ) с датчиком TP200	PH10(M/MQ/T/iQ) с датчиком SP25M; SP80 и MPP310Q
V 544 V 574	±(2,2+4L/1000)	-	-	±(1,9+4L/1000)	±(1,7+4L/1000)
V 776 V 7106 V 9106 V 9108 V 9166 V 9168 V 9206 V 9208 V 9306 V 9308 V 9406 V 9408		±(2,3+5L/1000)	±(1,9+5L/1000)		
V 121210 V 122010 V 123010 V 124010	±(2,8+4L/1000)	±(2,9+5L/1000)	±(2,5+4L/1000)		±(2,3+4L/1000)
V 162012 V 163012 V 164012 V 165012	±(7,0+5,5L/1000)	±(5,3+7,5L/1000)	±(4,9+7,5L/1000)	±(6,0+5,5L/1000)	±(3,3+5,5L/1000)
V 162016 V 163016 V 164016 V 165016	±(8,0+6,5L/1000)	±(6,5+8,5L/1000)	±(6,1+8,5L/1000)	±(7,0+6,5L/1000)	±(4,5+6,5L/1000)

Продолжение таблицы 6

Модификация машины	Пределы допускаемой абсолютной объемной погрешности с контактными измерительными головками (где L - измеряемая длина, мм), мкм				
	PH20 и PH10(M/MQ/T/iQ) с датчиком TP20	REVO с датчиком RSP2	REVO с датчиком RSP3	PH10(M/MQ/T/iQ) с датчиком TP200	PH10(M/MQ/T/iQ) с датчиком SP25M; SP80 и MPP310Q
V 203016 V 204016 V 205016 V 203020 V 204020 V 205020	$\pm(10,0+9L/1000)$	$\pm(6,5+11L/1000)$	$\pm(6,1+11L/1000)$	$\pm(9,0+9L/1000)$	$\pm(4,5+9L/1000)$
EX 121210R EX 122010R EX 123010R EX 124010R	-	$\pm(2,9+5L/1000)$	$\pm(2,5+4L/1000)$	-	

10.3. Определение абсолютной погрешности сканирования T_{ij} / τ_{ij} с измерительной головкой за определенное время сканирования.

Сферу установить на плите рабочего стола КИМ с помощью стойки. Для измерений использовать самый жесткий щуп. Рекомендуется выбрать положение щупа относительно оси пиноли под углом α , приблизительно равным 45° . Произвести три цикла измерений (в режиме непрерывного сканирования). В каждом цикле измеряются 4 траектории сканирования поверхности сферы, указанные на рисунке.

Модель измерений включает:

- траектория сканирования А расположена на экваторе сферы
- траектория сканирования В расположена на расстоянии 8 мм от траектории А
- траектория сканирования С расположена на полярной оси сферы
- траектория сканирования D расположена на расстоянии 8 мм от полярной оси
- траектории В, С и D взаимно перпендикулярны

Каждый цикл сканирования начинается с установки щупа в промежуточную точку, расположенную на расстоянии 10 мм от испытуемой сферы. Из этой точки щуп по нормали подводится к ее поверхности. Каждый цикл сканирования завершается отводом щупа в промежуточную точку, расположенную на расстоянии не менее 10 мм от испытуемой сферы.

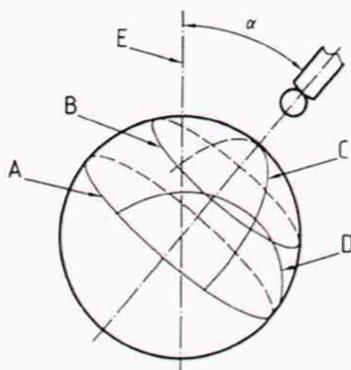


Рисунок 3. Траектории сканирования на сфере, для определения погрешности сканирования T_{ij}

Погрешность сканирования, T_{ij} определяют как сумму максимальных отклонений измеренного профиля в положительную и отрицательную области от средней сферы, рассчитанной по методу наименьших квадратов

$$T_{ij} = \max_i (D_{i+}) + \max (D_{i-}), \text{ мм},$$

где:

D_{i+} - отклонение точки i от средней сферы в положительную область,

D_{i-} - отклонение точки i от средней сферы в отрицательную область.

С помощью секундомера необходимо засечь время сканирования всех 4 траекторий для каждого цикла с момента первого касания щупа к сфере.

Погрешность сканирования T_{ij} не должна превышать значений, указанных в таблице 7

Таблица 7

Модификация машины	Пределы допускаемой абсолютной погрешности сканирования контактных измерительных головок, мкм / время сканирования, с				
	REVO с датчиком RSP2	REVO с датчиком RSP3	PH10(M/MQ/T/iQ) с датчиком SP25M	SP80	MPP310Q
V 544 V 574	-	-	±2,3 / 50		±1,8 / 90
V 776 V 7106 V 9106 V 9108 V 9166 V 9168 V 9206 V 9208 V 9306 V 9308 V 9406 V 9408	±2,7 / 59	±2,3 / 59	±2,3 / 50	±2,0 / 50	±1,8 / 80
V 121210 V 122010 V 123010 V 124010	±4,5 / 70	±4,0 / 70	±2,3 / 50	±2,5 / 50	±2,3 / 80
V 162012 V 163012 V 164012 V 165012 V 162016 V 163016 V 164016 V 165016	±6,0 / 70		±5,0 / 60		
V 203016 V 203020 V 204016 V 204020 V 205016 V 205020	±7,0 / 70		±6,0 / 60		
EX 121210R EX 122010R EX 123010R EX 124010R	±4,5 / 70	±4,0 / 70	-	-	-

11. Подтверждение соответствия средства измерений метрологическим требованиям

КИМ считается прошедшим поверку, если по пунктам 7 и 8 соответствует перечисленным требованиям, а полученные результаты измерений по пунктам 10.1 - 10.3 не превышают допустимых значений.

В случае подтверждения соответствия КИМ метрологическим требованиям. пе-

зультаты поверки считаются положительными и СИ признают пригодным к применению.

В случае, если соответствие КИМ метрологическим требованиям не подтверждено, то результаты поверки считаются отрицательными и СИ признают непригодным к применению.

12. Оформление результатов поверки

12.1. Результаты поверки оформляются протоколом, составленным в произвольной форме и содержащим результаты по каждой операции, указанной в таблице 1.

12.2. При положительных результатах поверки сведения о результатах поверки средства измерений передаются в Федеральный информационный фонд по обеспечению единства измерений, выдается свидетельство о поверке, в соответствии с действующим законодательством. Знак поверки наносится на свидетельство о поверке в соответствии с действующим законодательством.

12.3. При отрицательных результатах поверки сведения о результатах поверки средства измерений передаются в Федеральный информационный фонд по обеспечению единства измерений, выдается извещение о непригодности к применению средства измерений с указанием основных причин, в соответствии с действующим законодательством.

Заместитель начальника отдела 203
Испытательного центра
ФГУП «ВНИИМС»

 Е.А. Милованова

Начальник лаборатории 203/4
Испытательного центра
ФГУП «ВНИИМС»

 Н.А. Зуйкова