



НИО-7



СПЕЦИАЛЬНЫЕ ЭТАЛОНЫ, СОЗДАННЫЕ В ЦАГИ. НАПРАВЛЕНИЯ РАЗВИТИЯ

О.В. Довыденко

Начальник сектора

*Отделение измерительной
техники и метрологии*

ФГУП «ЦАГИ»

д.т.н. В.В. Петров

Начальник отделения

*Отделение измерительной
техники и метрологии*

ФГУП «ЦАГИ»

А.И. Самойленко

*Заместитель начальника
отделения*

*Отделение измерительной
техники и метрологии*

ФГУП «ЦАГИ»

Аккредитация ЦАГИ в области обеспечения единства измерений

**РОСС СОБ
3.00082.2013
Поверка
средств
измерений**



**РОСС СОБ
1.00164.2014
Испытания
средств
измерений
в целях
утверждения
типа**



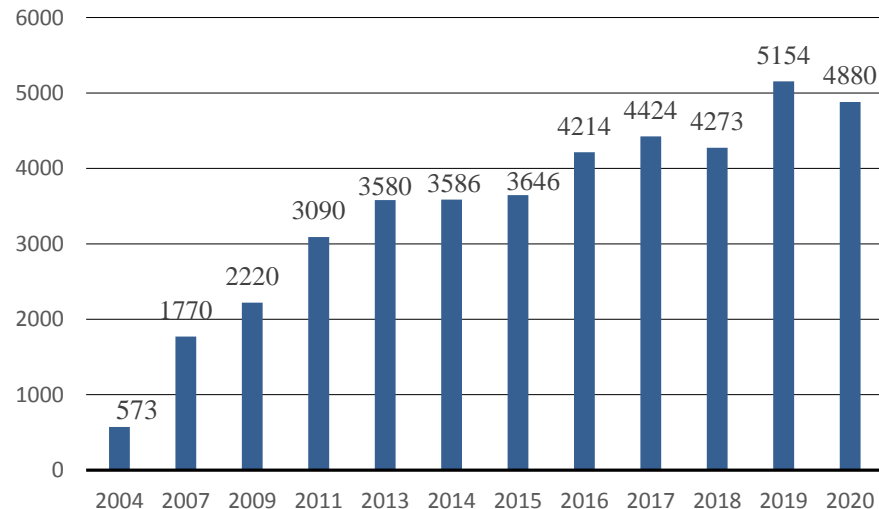
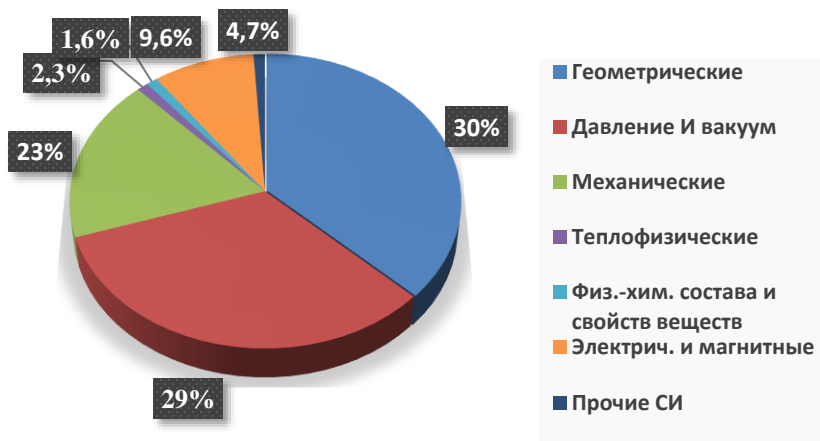
**РОСС СОБ
6.00112.2013
Аттестация методик
измерений и
метрологическая
экспертиза**



**10.011-2021
Аттестация
испытательного
оборудования,
применяемого
при оценке
соответствия
оборонной
продукции**

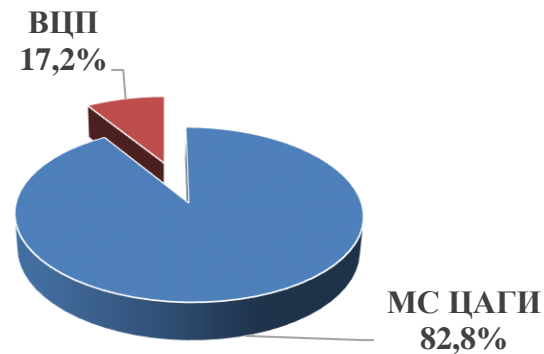


Поверка и калибровка СИ



Новое

- Изменения в законе «Об обеспечении единства измерений»
- Новый порядок применения эталонов
- Новый порядок поверки СИ
- Новый порядок утверждения типа СИ
- Новый порядок передачи сведений в ФИФ ОЕИ
- Новый порядок разработки поверочных схем
- Новый порядок разработки методик поверки



Метрологическая экспертиза технической документации и аттестация методик измерений

Качественный состав работ по метрологической экспертизе и аттестации методик измерений в 2020 году



Новое

- Патент на изобретение: Способ определения погрешности стенда для измерения характеристик геометрии масс изделий и устройство для его осуществления (№ 2722962 РФ)
- Статья в журнале «Измерительная техника», ВАК: Система метрологического обеспечения прослеживаемости измерений характеристик геометрии масс (12, 2020)

Результаты 2020 года

Аттестовано методик измерений: 5

Метрологическая экспертиза ТД: 97

Метрологическая экспертиза чертежей: 206

Доклады по метрологии на НТК:

- Metrology for AeroSpace 2020, Italy (Scopus)
- Инженерно-физические проблемы новой техники, МГТУ им. Н.Э. Баумана (РИНЦ)

Отделение	ЦАГИ	Сторонние заказчики	ВСЕГО
Количество аттестованных методик	39	20	59

Средства измерений, прошедшие испытания в целях утверждения типа в 2020 г.

Преобразователи давления Kistler
мод. 4201 и 4301,
14 шт.

Номер в ФИФ ОЕИ: **80278-20**



Измерительные комплексы
давления ИКД6ТДа и ИКД6ТДф,
75 шт.

Номер в ФИФ ОЕИ: **80145-20**



Установка измерительно-
вычислительная УИВ 109,
1 шт.

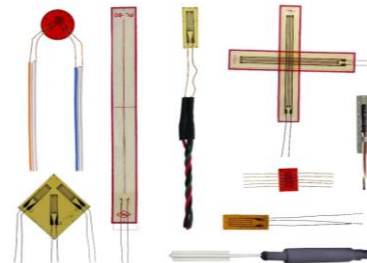
Номер в ФИФ ОЕИ: **80315-20**



Датчики силоизмерительные
тензорезисторные UL, 85 шт.
Номер в ФИФ ОЕИ: **79814-20**



Тензорезисторы TML,
серийное производство
Номер в ФИФ ОЕИ: **79148-20**



Первичная аттестация испытательного оборудования в 2020 г.

В процессе аттестации

АДТ ТПД

НИО-1



АДТ Т-117

НИО-8



АДТ Т-124

НИО-8



АДТ Т-116

НИО-2



АДТ Т-109

НИО-2



Климатическая
камера Instron
CP110128

НИО-18



- Проведена метрологическая экспертиза эксплуатационных документов
- Разработаны Программы и методики аттестации
- Разработаны и аттестованы Методики измерений: Т-124; Т-116; Т-109.
- Утверждены типы средств измерений для аттестации:

Измерительные
комплексы давления ИКД

мод. ИКД6ТДа и ИКД6ТДф
80145-20 (74 шт.)



Преобразователи давления
Kistler

мод. 4201 и 4301
80278-20 (14 шт.)



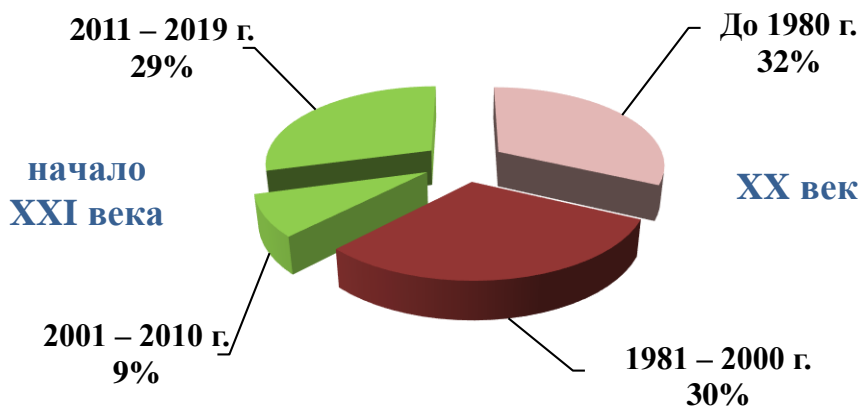
Установка измерительно-
вычислительная УИВ 109

80315-20



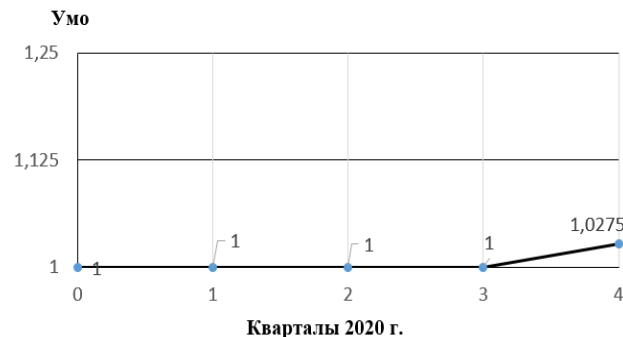
Состояние эталонной базы

Развитие эталонной базы в период с 1960 по 2020 г.г.



Критерий результативности процесса СМК «Уровень метрологического обеспечения»

График изменения критерия результативности СМК в 2020 г.



n — количество групп эталонов


K — количество эталонов в группе

C — общая стоимость группы эталонов

σ — средняя погрешность группы эталонов

$$Y_{MO} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \Delta K_i \times \Delta C_i \times \Delta \sigma_i$$

Утверждены и зарегистрированы в Росстандарте 130 эталонов



РОССТАНДАРТ

ИНФОРМАЦИОННЫЕ РЕСУРСЫ УПРАВЛЕНИЯ МЕТРОЛОГИИ

[ЗАЯВКИ](#) | [ЭТАЛОНЫ](#) | [ПРИКАЗЫ](#) | [УТВЕРЖ](#)

База данных : РЕЕСТР утвержденных эталонов
по состоянию на 12.12.2018

НАВИГАЦИЯ

СЛОВАРЬ

ДОКУМЕНТЫ

Помощь

№ №	ЭТАЛОН ЕДИНИЦ ВЕЛИЧИН					Приказ Росстандарта		Дата (пер ат
	номер регистрации	НАИМЕНОВАНИЕ сокращения: ГЭЕ - Государственный эталон единицы; ГРЭ - Государственный рабочий эталон	МАИ мес.	хранитель	номер	дата		
					[приложение] пункт			
1	3.1.АОЛ.0136.2017	Государственный эталон единицы температуры 3 разряда в диапазоне значений от 300 до 1085 °C	12	ФГУП «ЦАГИ»	2456 п. 1	26.11.2018		
2	3.1.АОЛ.0135.2017	Государственный эталон единицы температуры 2 разряда в диапазоне значений от минус 20 до 0°C и 3 разряда в диапазоне значений от 0 до 110 °C	12	ФГУП «ЦАГИ»	2456 п. 2	26.11.2018		

База специальных эталонов ЦАГИ



ЭМС-0,1/60 — единица скорости воздушного потока

Диапазон: 0,1...60 м/с
Погрешность: $\pm(0,006+0,0005V)$



МКМ-100 — единица разности давлений

Диапазон: 0,05...100 Па
Погрешность: $\pm(0,0002 \cdot \Delta P + 0,005)$ Па ($\leq 0,025$ Па)



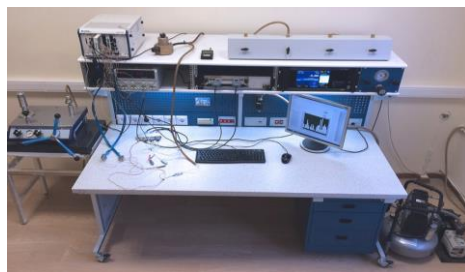
Комплекс ГС для тензовесов

Сила: от 10 Н до 40 кН
Момент силы: от 1 до 6000 Н·м
Погрешность: 0,05...0,1%



Эталон НКМ для ССМИ

Масса: $(0,5...5 \cdot 10^3)$ кг (погрешность: 0,003...1 кг)
Длина: $(13...5 \cdot 10^3)$ мм (погрешность: 0,02...1 мм)
Момент инерции: $(16 \cdot 10^{-5}...3 \cdot 10^{-3})$ кг·м² (погрешность: 0,2 %)



СГД-5 для многокан. модулей давления

Диапазон: $\pm 2,5$; ± 40 ; от 100 до 400; от 0 до 1000 кПа
Погрешность: $\pm (0,01...0,005)$ % от ВПИ



УГТ-1; УВИД-М - деформации

Диапазон: ± 1000 ; ± 5000 млн⁻¹
Погрешность: $\pm 0,7$; ± 2 %
Диапазон температур: 20 ... 650 °C



СТА-1 для тензоаппаратуры

Диапазон — до 100 кгц
Погрешность — 0,08%



Комплекс эталонов ОФИ

- Видеограмметрические системы
- ЛПД-преобразователи



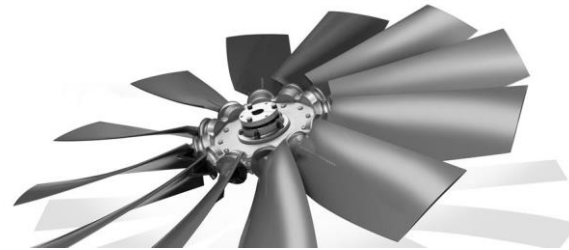
НИО-7



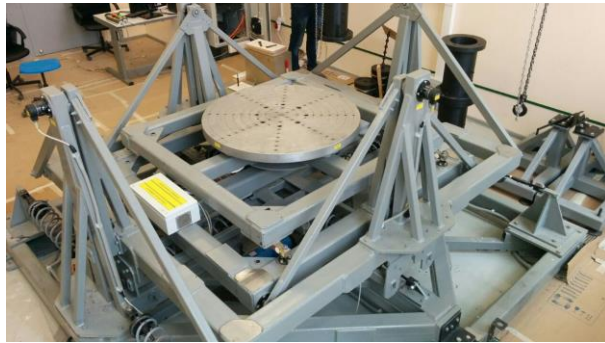
«Измеряй все доступное измерению
и делай все недоступное измерению доступным»
Галилео Галилей

СПЕЦИАЛЬНЫЙ ЭТАЛОН МАССЫ, ДЛИНЫ В ОБЛАСТИ ИЗМЕРЕНИЙ КООРДИНАТ ЦЕНТРА МАСС И МОМЕНТА ИНЕРЦИИ

Изделия ракетно-космической и авиационной техники

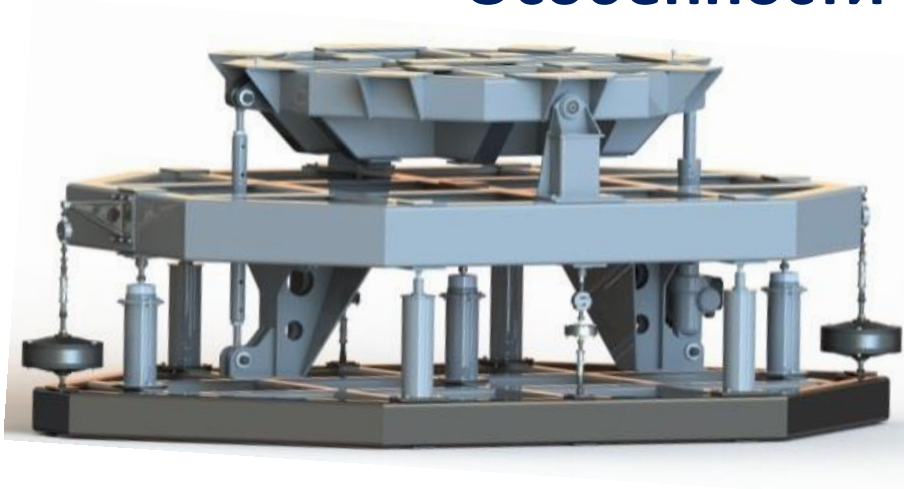


Стенды для измерений массы, координат центра масс и моментов инерции ЦАГИ

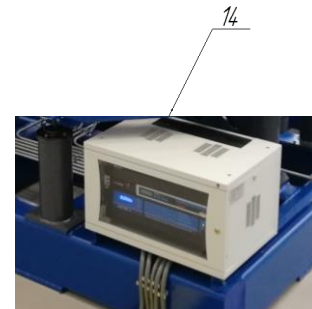
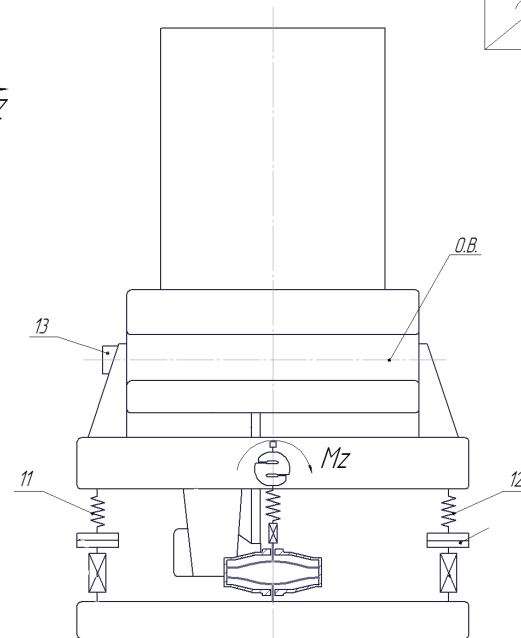
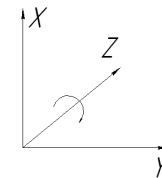
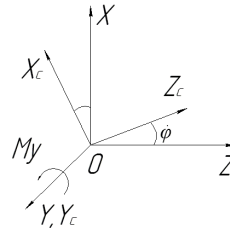
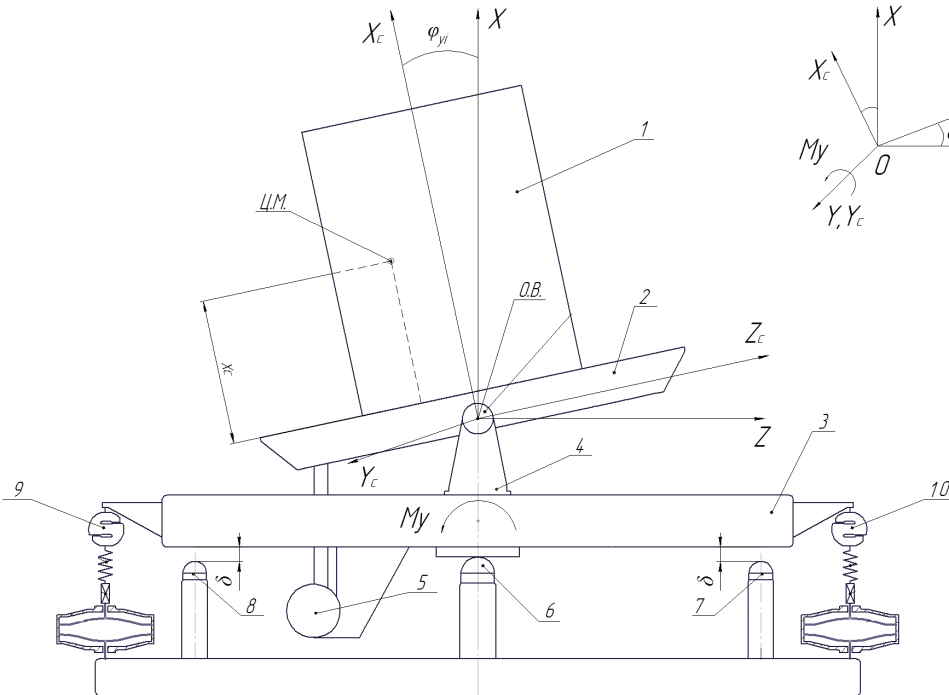


Измеряемый параметр	Масса, кг	Координата центра масс (КЦМ), мм	Момент инерции (МИ), кг·м ²
		X, Y, Z	I _x , I _y , I _z
Диапазон измерений	$5 \cdot 10^{-1} \dots 5 \cdot 10^3$	$5 \dots 5 \cdot 10^3$	$1,6 \cdot 10^{-4} \dots 6 \cdot 10^2$
Предельная погрешность измерений	$\Delta = 0,01 \dots 3,00$	$\Delta = 0,2 \dots 3,0$	$\gamma = 1 \dots 3 \%$

Особенности стендов ЦАГИ



- 1 – изделие
- 2, 3 – платформы
- 4, 5 – устройства установки, задания углов и колебаний
- 6-13 – датчики
- 14 – измерительная аппаратура
- Ц.М. – центр масс изделия
- О.В. – ось вращения



Что такое стенды?



Технологическое оборудование - средства технологического оснащения, в которых для выполнения определенной части технологического процесса размещаются материалы или заготовки, средства воздействия на них, а также технологическая оснастка [1]

[1] ГОСТ 3.1109-82

Единая система технологической документации. Термины и определения основных понятий

Проверка на технологическую точность



Испытательное оборудование - средство испытаний, представляющее собой техническое устройство для воспроизведения условий испытаний [2]

[2] ГОСТ 16504-81

Система государственных испытаний продукции. Испытания и контроль качества продукции. Основные термины и определения

Аттестация



Средство измерений:

- техническое средство, предназначенное для измерений и имеющее нормированные (установленные) метрологические характеристики [3]
- устройство, используемое для выполнения измерений, в том числе, в сочетании с одним или несколькими дополнительными устройствами [4]

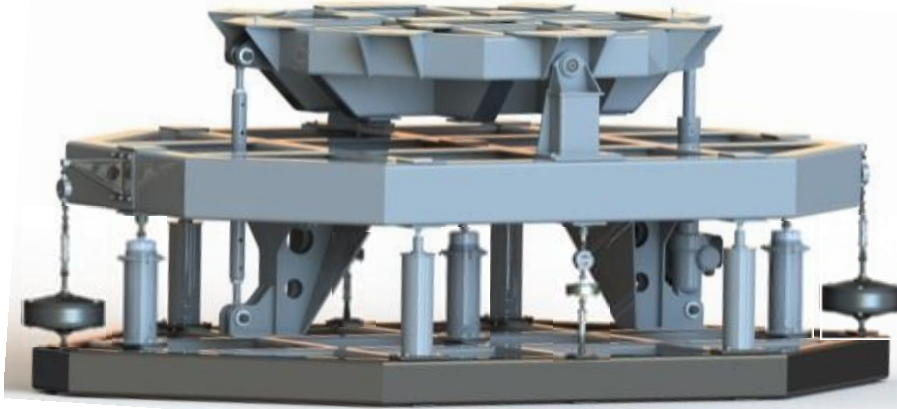
[3] РМГ 29-2013 Государственная система обеспечения единства измерений. Метрология. Основные термины и определения

[4] JCGM 200:2012 Международный словарь по метрологии: основные и общие понятия и соответствующие термины (VIM)

Сертификация. Поверка или калибровка

Аттестация стендов в качестве испытательного оборудования

1 Поверка встроенных средств измерений



Проблемы:

- Разборка и повторная сборка стенда
- 1-2 контрольные точки положения Ц.М.
- Не позволяет точно определить его моменты инерции
- Требуется стандартные гири
- 1 стенд (1 изделие) - 1 К.П.
- Разработка и аттестация методик косвенных измерений

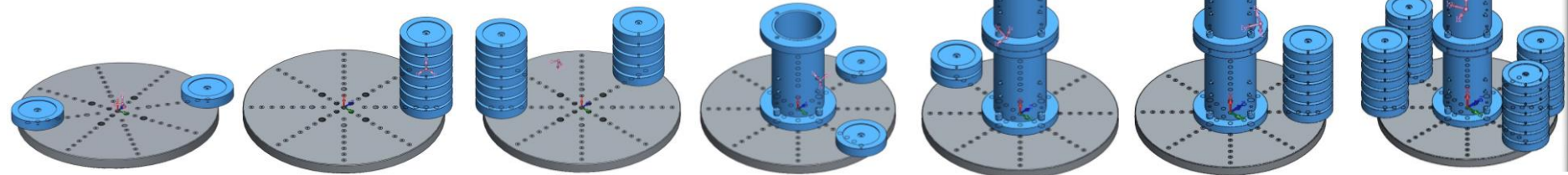
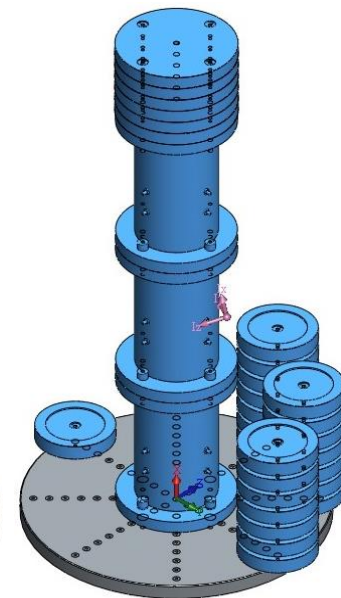
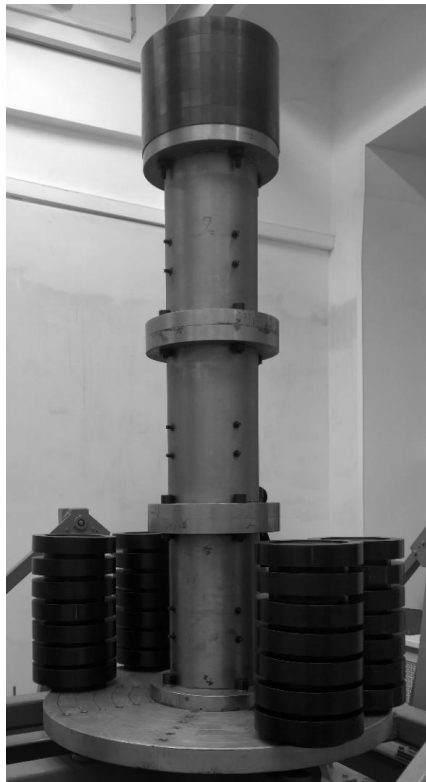
2 Проверка функционирования стенда с помощью контрольного приспособления (К.П.)



Главная проблема:

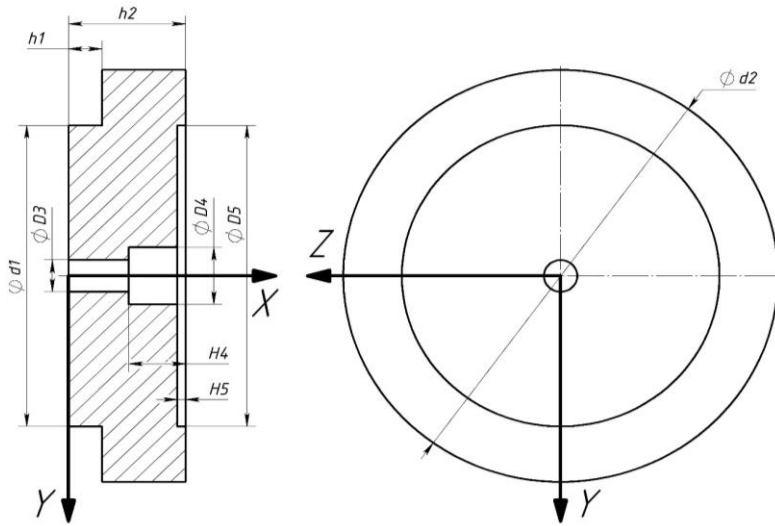
Отсутствие государственных первичных эталонов единицы длины в области измерений координат центра масс и единицы момента инерции

Специальные эталоны ЦАГИ



Математическая модель специальных эталонов ЦАГИ

Шаг 1. Модуль



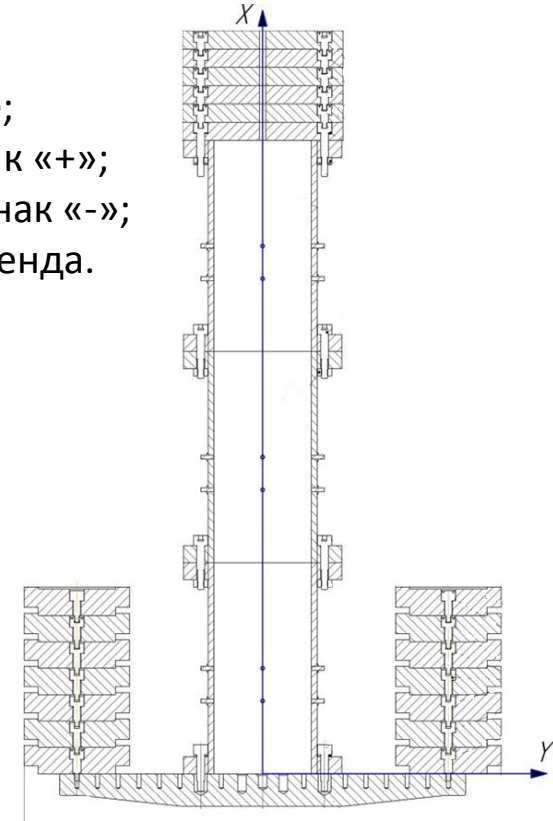
i – номер модуля;
 j – номер элемента в модуле;
 d – наружные диаметры, знак «+»;
 D – внутренние диаметры, знак «-»;
 «'» – в системе координат стенда.

$$m_i; (1)$$

$$x_i = \left(\sum_{j=1}^k d_{ij}^2 \cdot h_{ij} \cdot x_{ij} \right) / \left(\sum_{j=1}^k d_{ij}^2 \cdot h_{ij} \right); (2)$$

$$I_{xi} = \frac{\pi}{4} \cdot \sum_{j=1}^k d_{ij}^2 \cdot h_{ij} \cdot \rho_i \cdot \left(\frac{d_{ij}^2}{8} + (y_{ij} - y_i)^2 + (z_{ij} - z_i)^2 \right); (3)$$

Шаг 2. Набор модулей



$$M = \sum_{i=1}^n m_i; (4)$$

$$X = \left(\sum_{i=1}^n x_i' \cdot m_i \right) / \sum_{i=1}^n m_i; (5)$$

$$I_X = \sum_{i=1}^n I_{xi} + \sum_{i=1}^n \left(m_i \cdot \left[(y_i' - Y)^2 + (z_i' - Z)^2 \right] \right); (6)$$

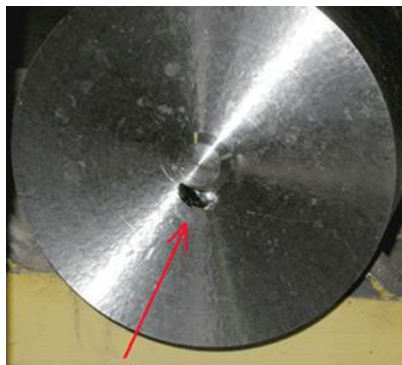
Основные источники неопределенности измерений



1 Эталоны и средства измерений



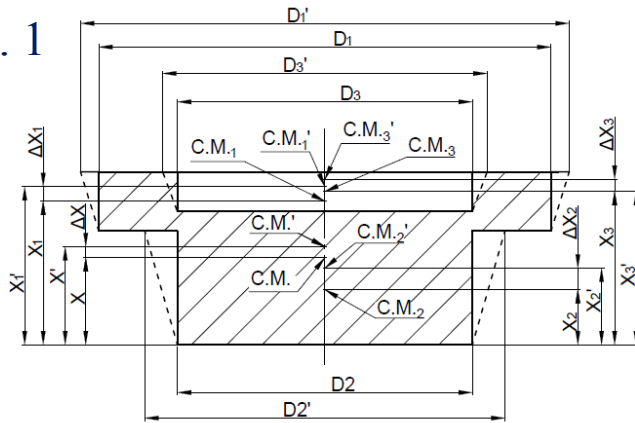
2 Отклонения формы и расположения элементов модулей



3 Неоднородность материала

Неопределенность, обусловленная отклонениями формы и расположения

Рис. 1



$$X = \left(\sum_{j=1}^3 V_j \cdot x_j \right) / \sum_{j=1}^3 V_j; (7) \quad U_{EFP}(X) = \sqrt{\sum_{j=1}^3 \left(\frac{\partial X}{\partial x_j} \right)^2 \cdot \Delta x_j^2 + \sum_{j=1}^3 \left(\frac{\partial X}{\partial V_j} \right)^2 \cdot \Delta V_j^2}; (8)$$

$$\Delta x_1 = \frac{D_1 \cdot EFP_1 + EFP_1^2}{3 \cdot D_1^2 + 6 \cdot D_1 \cdot EFP_1 + 4 \cdot EFP_1^2}; (9) \quad \Delta V_1 = \frac{1}{3} \cdot h_1 \cdot (6 \cdot D_1 \cdot EFP_1 + 4 \cdot EFP_1^2); (10)$$

Если $y_j = 0$, то

$$Y = \left(\sum_{j=1}^k d_j^2 \cdot h_j \cdot y_j \right) / \left(\sum_{j=1}^k d_j^2 \cdot h_j \right) = 0; (11)$$

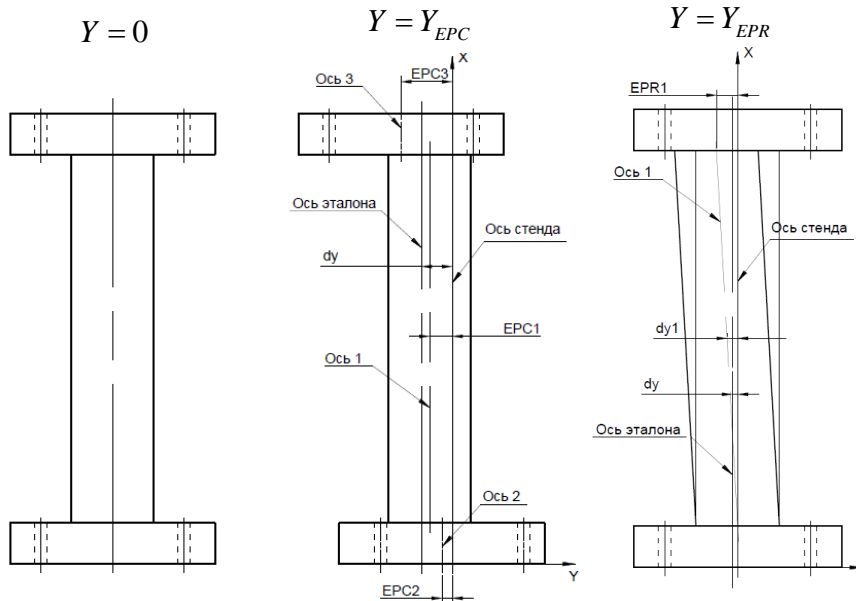
Если $y_j = EPC$, то

$$U_{EPC}(Y) = Y_{EPC} = \left(\sum_{j=1}^k d_j^2 \cdot h_j \cdot EPC_j \right) / \left(\sum_{j=1}^k d_j^2 \cdot h_j \right); (12)$$

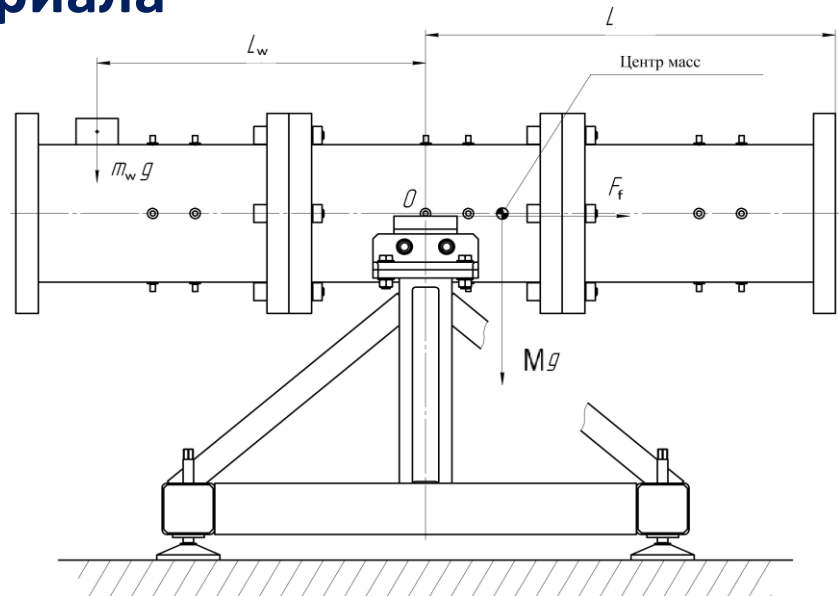
Если $y_1 = 0.5 \cdot EPR$, $y_{j, j \neq 1} = 0$, то

$$U_{EPR}(Y) = Y_{EPR} = (d_1^2 \cdot h_1 \cdot 0.5 \cdot EPR_1) / \left(\sum_{j=1}^k d_j^2 \cdot h_j \right); (13)$$

Рис. 2



Неопределенность, обусловленная неоднородностью материала



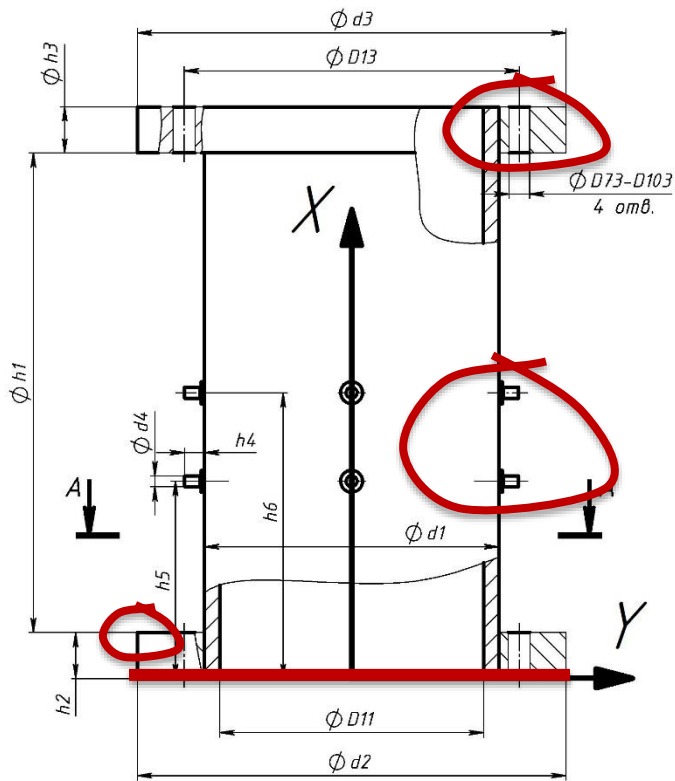
$$q = X - \left(L + \frac{m_w \cdot L_w}{M} \right); (14)$$

q – поправка на неоднородность материала
 X – координата центра масс, рассчитанная аналитическим методом
 L – расстояние от нижней плоскости центрального модуля до плоскости прикрепления балансировочных штифтов
 M – масса центрального модуля
 $U_q(X)$ – неопределенность из-за введения поправки на неоднородность материала

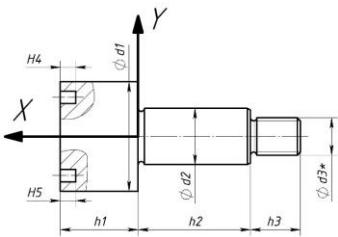
$$U_q(X) = \frac{\Delta m_w \cdot L_w}{M}; (15)$$

m_w – масса уравнивающего груза, при которой система остается в равновесии
 L_w – расстояние от плоскости прикрепления балансировочных штифтов до оси уравнивающего груза
 Δm_w – максимальная масса корректирующего груза, при которой система остается в равновесии

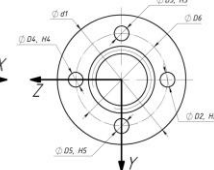
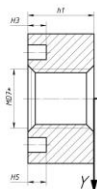
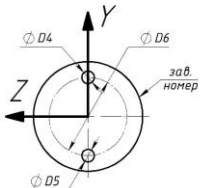
Технические требования к специальным эталонам



Модуль эталона



Болт



Гайка

- Прямые круговые цилиндры, включая крепежные элементы
- Минимальное количество резьбовых соединений
- Отверстия сквозные
- Фаски отсутствуют
- Подгоночные полости отсутствуют
- Масса составных элементов 150 кг max
- Максимальный диаметр = размеры весовой платформы компаратора
- Площадки для размещения на компараторе
- Возможность перемещения тяжелых частей подъемными механизмами
- Балансировочные штифты

Расширенная неопределенность измерений

Измеряемая величина	Масса	Длина (координата центра масс)	Момент инерции
Диапазон измерений	$5 \cdot 10^{-1} \dots 5 \cdot 10^3$ кг	13 ... $5 \cdot 10^3$ мм	$16 \cdot 10^{-5} \dots 3 \cdot 10^3$ кг·м ²
Расширенная неопределенность измерений $U(95)$	0,003 ... 1 кг	0,02 ... 1,00 мм	$5,4 \cdot 10^{-7} \dots 15$ кг·м ²
Источники неопределенности	<p>ТИП А</p> <p>Стандартная неопределенность процесса взвешивания $u_w(\bar{M})$</p>	<p>ТИП А</p> <p>Стандартная неопределенность процесса измерений $u(\bar{X})$, $u(\bar{Y})$, $u(\bar{Z})$, $u(\bar{I}_X)$, $u(\bar{I}_Y)$, $u(\bar{I}_Z)$, включая</p> <ul style="list-style-type: none"> - стандартную неопределенность процесса взвешивания $u_w(\bar{M})$ - стандартную неопределенность процесса геометрических измерений $u(\bar{d})$, $u(\bar{D})$, $u(\bar{h})$, $u(\bar{H})$ 	
	<p>ТИП В</p> <p>1) неопределенность эталонной гири $u(m_{cr})$, включая вклад нестабильности эталонной гири $u_{inst}(m_{cr})$ и отклонения ее значения от номинального δm;</p> <p>2) неопределенность компаратора массы u_{ba}, включая вклад чувствительности u_s и разрешения u_d;</p> <p>3) неопределенность из-за действия выталкивающей силы $u_{в.с.}$;</p> <p>4) неопределенность из-за смещения нагрузки u_E;</p> <p>5) неопределенность из-за магнетизма u_{ma}</p>	<p>ТИП В</p> <p>1) неопределенность средств измерений $u_{M.I.}$, включая $u(m_{cr})$, u_{ba} и неопределенность геометрических средств измерений u_{geom};</p> <p>2) неопределенность, обусловленная отклонениями формы и расположения;</p> <p>3) неопределенность, обусловленная неоднородностью материала u_{heter}, включая неопределенность из-за применяемых средств измерений $u_{M.I.}(q)$ и из-за введения поправки на неоднородность материала u_q</p> <p>4) неопределенность, обусловленная конструктивными особенностями</p> <p>5) неопределенность, обусловленная неточностью базирования</p>	

Результаты

Утвержденные эталоны

3.1.АЗО.0252.2015

3.1.АОЛ.0041.2016

3.1.АОЛ.0122.2017

3.1.АОЛ.0144.2019

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО
ПО ТЕХНИЧЕСКОМУ РЕГУЛИРОВАНИЮ И МЕТРОЛОГИИ

СЕРТИФИКАТ
об утверждении типа средств измерений
№ 81928-21

Срок действия утверждения типа бессрочный

НАИМЕНОВАНИЕ И ОБОЗНАЧЕНИЕ ТИПА СРЕДСТВ ИЗМЕРЕНИЙ
Наборы калибровочных мер массы, длины в области измерений координат центра масс и момента инерции НКМ-ГС-60, НКМ-50

ЗАВОДСКОЙ НОМЕР
НКМ-6ГС-60: № 09, НКМ-50: № 08

ИЗГОТОВИТЕЛЬ
Федеральное государственное унитарное предприятие "Центральный аэрогидродинамический институт имени профессора Н.Е. Жуковского" (ФГУП "ЦАГИ"), Московская обл., г. Жуковский

ПРАВООБЛАДАТЕЛЬ
Федеральное государственное унитарное предприятие "Центральный аэрогидродинамический институт имени профессора Н.Е. Жуковского" (ФГУП "ЦАГИ"), Московская обл., г. Жуковский

КОД ИДЕНТИФИКАЦИИ ПРОИЗВОДСТВА
ОС

ДОКУМЕНТ НА ПОВЕРКУ
МП 4.28.013-2020

ИНТЕРВАЛ МЕЖДУ ПОВЕРКАМИ 1 год

Тип средств измерений утвержден приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 2 июня 2021 г. № 928.

Руководитель

Подпись и печать уполномоченного лица
А.П. Шаповал
«28» июня 2021 г.

Сертифицированные стенды

МЦИ-1200М1 (62420-15)

СЦМ-3т (72575-18)



МИНИСТЕРСТВО ПРОМЫШЛЕННОСТИ И ТОРГОВЛИ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО
ПО ТЕХНИЧЕСКОМУ РЕГУЛИРОВАНИЮ И МЕТРОЛОГИИ
(Росстандарт)

ПРИКАЗ

10 февраля 2020 г.

№ 291

Москва

Об утверждении эталонов единиц величин

В соответствии с постановлением Правительства Российской Федерации от 23 сентября 2010 г. № 734 «Об эталонах единиц величин, используемых в сфере государственного регулирования обеспечения единства измерений» и на основании положительных результатов первичной аттестации эталонов единиц величин, п р и к а з ы в а ю:

1. Утвердить эталоны единиц величин в составе, указанном в их эксплуатационной документации, присвоить им регистрационные номера, утвердить их наименования, установить их межаттестационные интервалы согласно приложениям к настоящему приказу.

2. Установить к эталонам единиц величин обязательные требования в правилах содержания и применения и в эксплуатационной документации.

3. Установить место содержания и применения эталонов единиц величин:

- 3.1. ФГУП «ЦАГИ» (приложение № 1);
- 3.2. ФБУ «Камчатский ЦСМ» (приложение № 2);
- 3.3. ФБУ «Тульский ЦСМ» (приложение № 3);
- 3.4. ФБУ «ЧЕЛЯБИНСКИЙ ЦСМ» (приложение № 4);

Сертифицированные эталоны НКМ-50, НКМ-6ГС-60 (81928-21)

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО
ПО ТЕХНИЧЕСКОМУ РЕГУЛИРОВАНИЮ И МЕТРОЛОГИИ

СВИДЕТЕЛЬСТВО
об утверждении типа средств измерений
RU.E.28.004.A № 60657

Срок действия бессрочный

НАИМЕНОВАНИЕ ТИПА СРЕДСТВ ИЗМЕРЕНИЙ
Стенды для измерения массы, координат центра масс и моментов инерции МЦИ-1200М1

ЗАВОДСКОЙ НОМЕР 606

ИЗГОТОВИТЕЛЬ
Общество с ограниченной ответственностью "Ижмашинный Центр" (ООО "ИЖ"), г. Москва

РЕГИСТРАЦИОННЫЙ № 62420-15

ДОКУМЕНТ НА ПОВЕРКУ
МП 4.28.013-2015

ИНТЕРВАЛ МЕЖДУ ПОВЕРКАМИ 1 год

Тип средств измерений утвержден приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 28 ноября 2015 г. № 1463

Описание типа средств измерений является обязательным приложением к настоящему свидетельству.

Заместитель Руководителя
Федерального агентства

С.С. Голубев

Сторона СИ

№ 023038



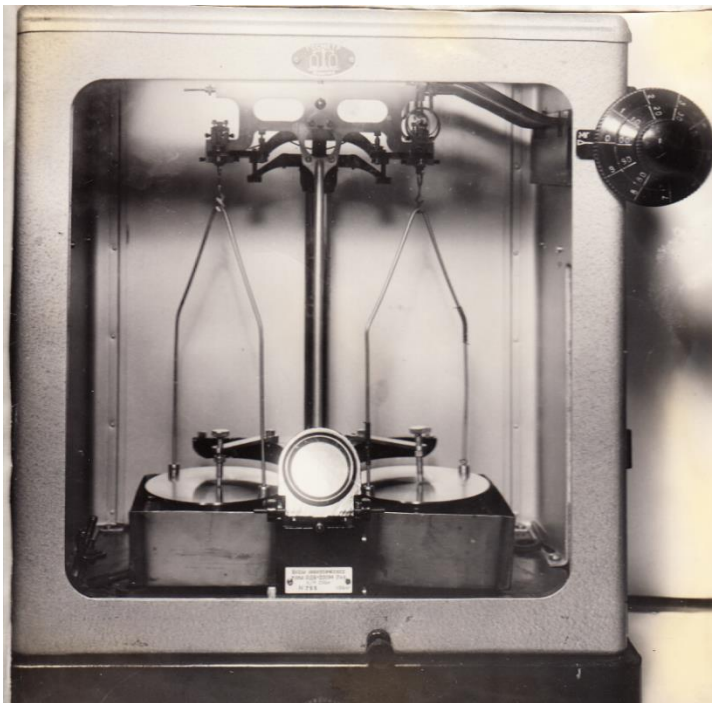
НИО-7



СПЕЦИАЛЬНЫЙ ЭТАЛОН РАЗНОСТИ ДАВЛЕНИЙ МКМ-100



Колокольный микроманометр МКМ-100 для вторичного эталона скорости воздушного потока



Двухколокольный микроманометр
1973 г.

$$\Delta P = \frac{m \cdot g}{F}$$

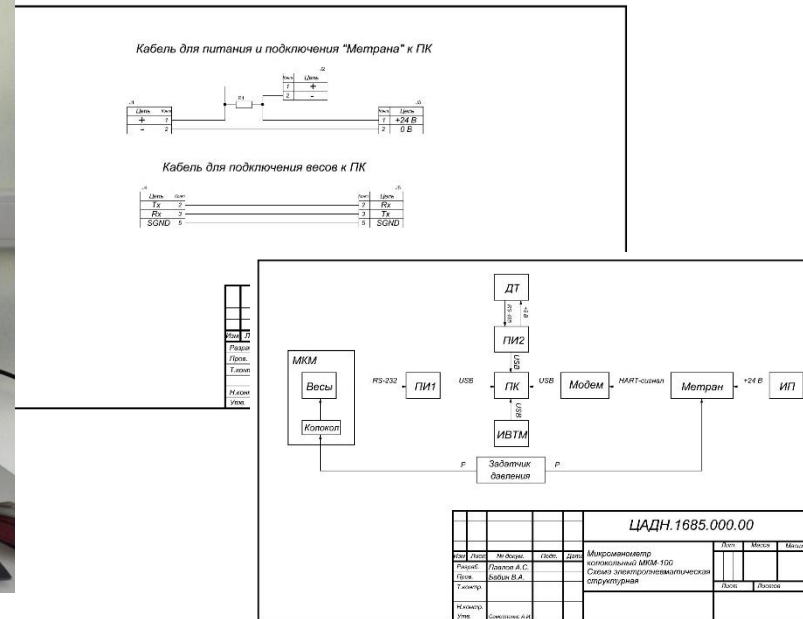
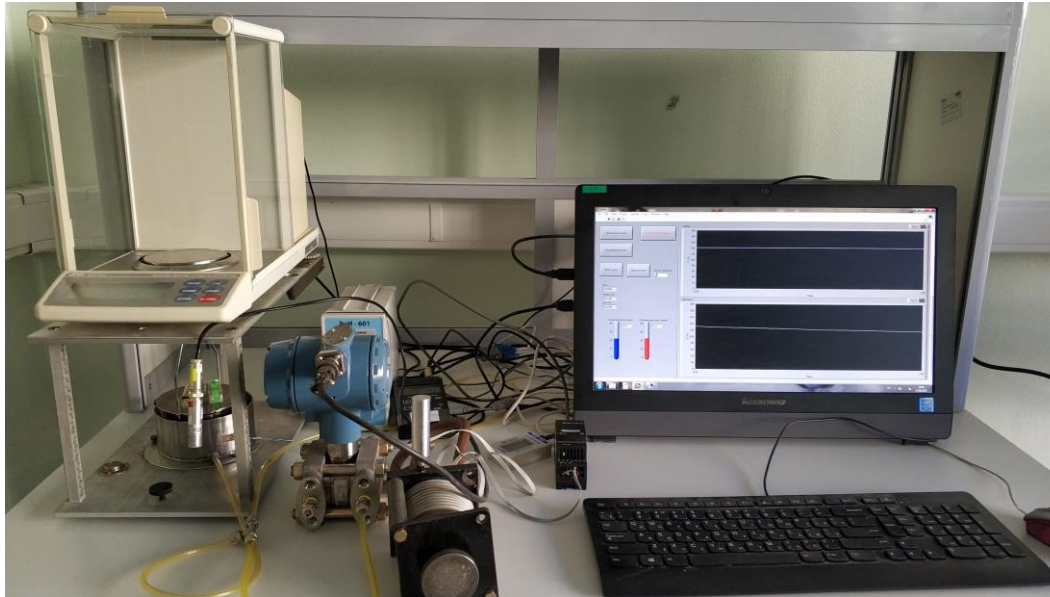
F – площадь под колоколом; F_1 – площадь свободной жидкости в чаше; f – площадь кольцевого сечения;
 d – внутренний диаметр колокола; d_1 – наружный диаметр колокола; D – внутренний диаметр чаши



Колокольный микроманометр
МКМ-100

$$\Delta P = \frac{\Delta m \cdot g}{F \cdot \left(1 + \frac{f}{F + F_1}\right)} = \frac{\Delta m \cdot g \cdot 4 \cdot (d^2 - d_1^2 + D^2)}{\pi \cdot d^2 \cdot D^2}$$

Аппаратно-измерительный комплекс МКМ-100



Разработаны следующие документы и ПО:

ЦАДН.1685.000.00ЭП1 Микроманометр колокольный МКМ-100. Схема электропневматическая структурная

ЦАДН.1685.000.00ЭП1ПИ Микроманометр колокольный МКМ-100. Схема электропневматическая структурная.

Перечень элементов

ЦАДН.1685.000.00Э45 Микроманометр колокольный МКМ-100. Схема электрическая соединений и подключения

ЦАДН.1685.000.00Э45ПИ Микроманометр колокольный МКМ-100. Схема электрическая соединений и подключения.

Перечень элементов

ЦАДН.1685.000.00ПС Микроманометр колокольный МКМ-100. Паспорт

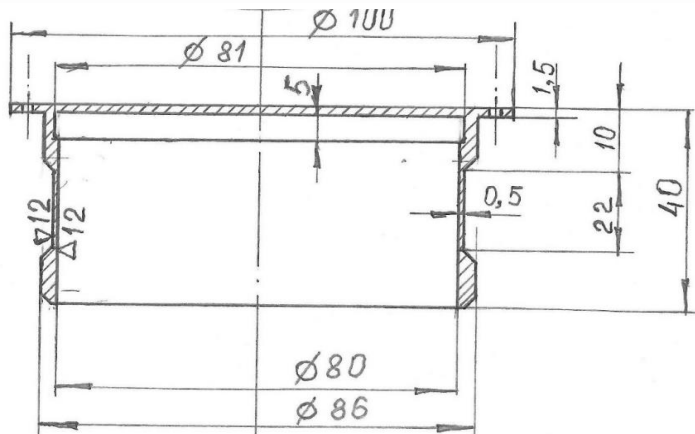
ЦАДН.1685.000.00РЭ Микроманометр колокольный МКМ-100. Руководство по эксплуатации

МК 4.30.01-2020 Микроманометр колокольный МКМ-100. Методика калибровки

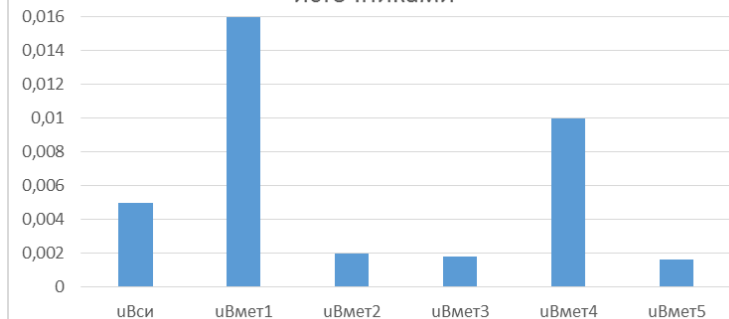
ПО «МКМ-100»

Анализ неопределенности измерений МКМ-100

Источник неопределенности	Метод оценивания
Погрешность СИ: весов, гирь, координатных машин	$u_{вси} = \sqrt{\left(\frac{\partial \Delta P}{\partial \Delta m}\right)^2 \cdot u_{mси}^2 + \left(\left(\frac{\partial \Delta P}{\partial d}\right)^2 + \left(\frac{\partial \Delta P}{\partial d_1}\right)^2 + \left(\frac{\partial \Delta P}{\partial D}\right)^2\right) \cdot u_{дси}^2}$
Отклонения формы колокола	$u_{вмет1} = \sqrt{\left(\frac{\partial \Delta P}{\partial d}\right)^2 \cdot u_{d\phi}^2 + \left(\frac{\partial \Delta P}{\partial d_1}\right)^2 \cdot u_{d1\phi}^2 + \left(\frac{\partial \Delta P}{\partial D}\right)^2 \cdot u_{D\phi}^2}$
Наклон колокола	$u_{вмет2} = \sqrt{\left(\frac{\partial \Delta P}{\partial f}\right)^2 \cdot \left(\frac{u_f}{\sqrt{3}}\right)^2 + \left(\frac{\partial \Delta P}{\partial F}\right)^2 \cdot \left(\frac{u_F}{\sqrt{3}}\right)^2 + \left(\frac{\partial \Delta P}{\partial F_1}\right)^2 \cdot \left(\frac{u_{F_1}}{\sqrt{3}}\right)^2}$
Линейное расширение	$u_{вмет3} = \sqrt{\left(\frac{\partial \Delta P}{\partial d}\right)^2 \cdot \left(\frac{u_{dл.р.}}{\sqrt{3}}\right)^2 + \left(\frac{\partial \Delta P}{\partial d_1}\right)^2 \cdot \left(\frac{u_{d1л.р.}}{\sqrt{3}}\right)^2 + \left(\frac{\partial \Delta P}{\partial D}\right)^2 \cdot \left(\frac{u_{Dл.р.}}{\sqrt{3}}\right)^2}$
Изменение выталкивающей силы за счет испарения	Эксперимент
Изменение сил поверхностного натяжения за счет отклонений формы колокола и изменения температуры в процессе измерений	$u_{вмет5} = \sqrt{\left(\frac{4 \cdot \sqrt{20} \cdot \sigma}{d^2}\right)^2 \cdot u_d^2 + \left(\frac{2 \cdot \pi \cdot (d + d_1)}{d^2}\right)^2 \cdot \left(\frac{u_\sigma}{\sqrt{3}}\right)^2}$

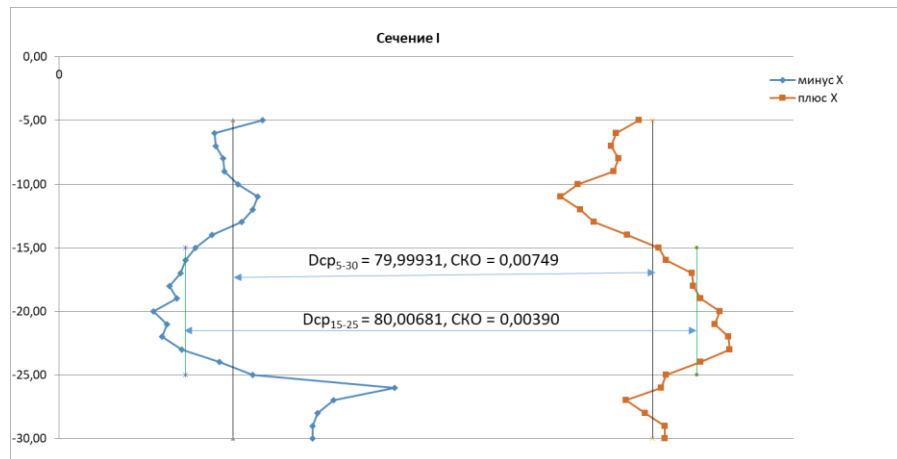


Сравнение составляющих неопределенности измерений, обусловленных разными источниками

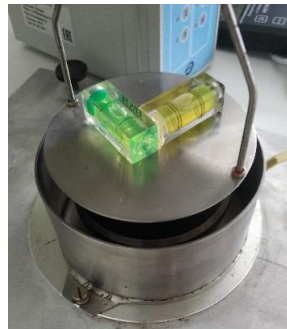


Мероприятия по снижению неопределенности

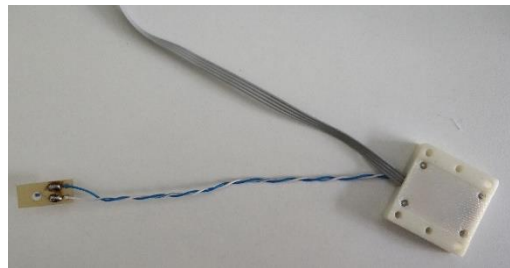
1 Определена рабочая зона с минимальным СКО диаметра для снижения $u_{\text{Вмет1}}$



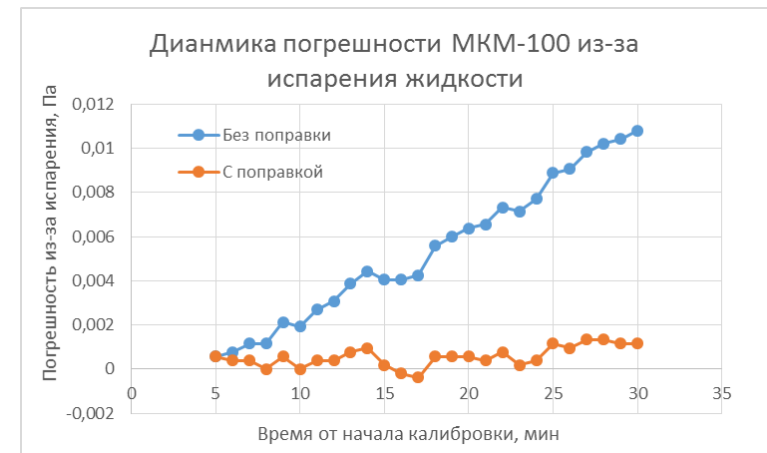
3 Разработана методика выравнивания колокола по горизонтали с помощью ампульных уровней



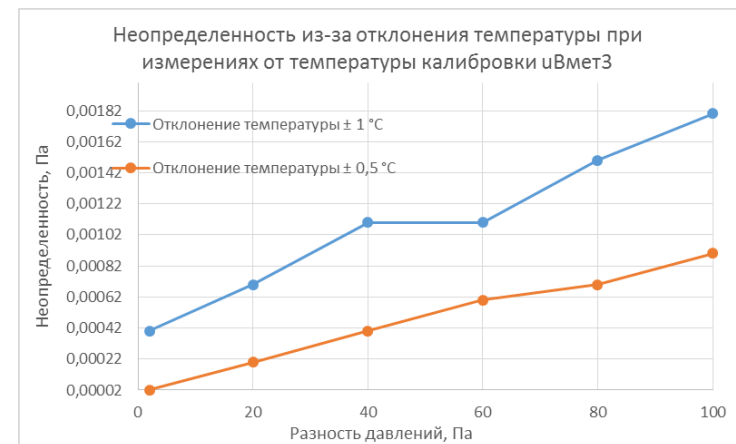
4 Установлены датчики температуры спирта для контроля ее изменения в процессе измерений



2 Разработана методика введения поправки на испарение спирта в процессе измерений для снижения $u_{\text{Вмет4}}$



5 Установлены ограничения на температуру эксплуатации МКМ-100 и температуру его калибровки: $(20 \pm 0,5) ^\circ\text{C}$

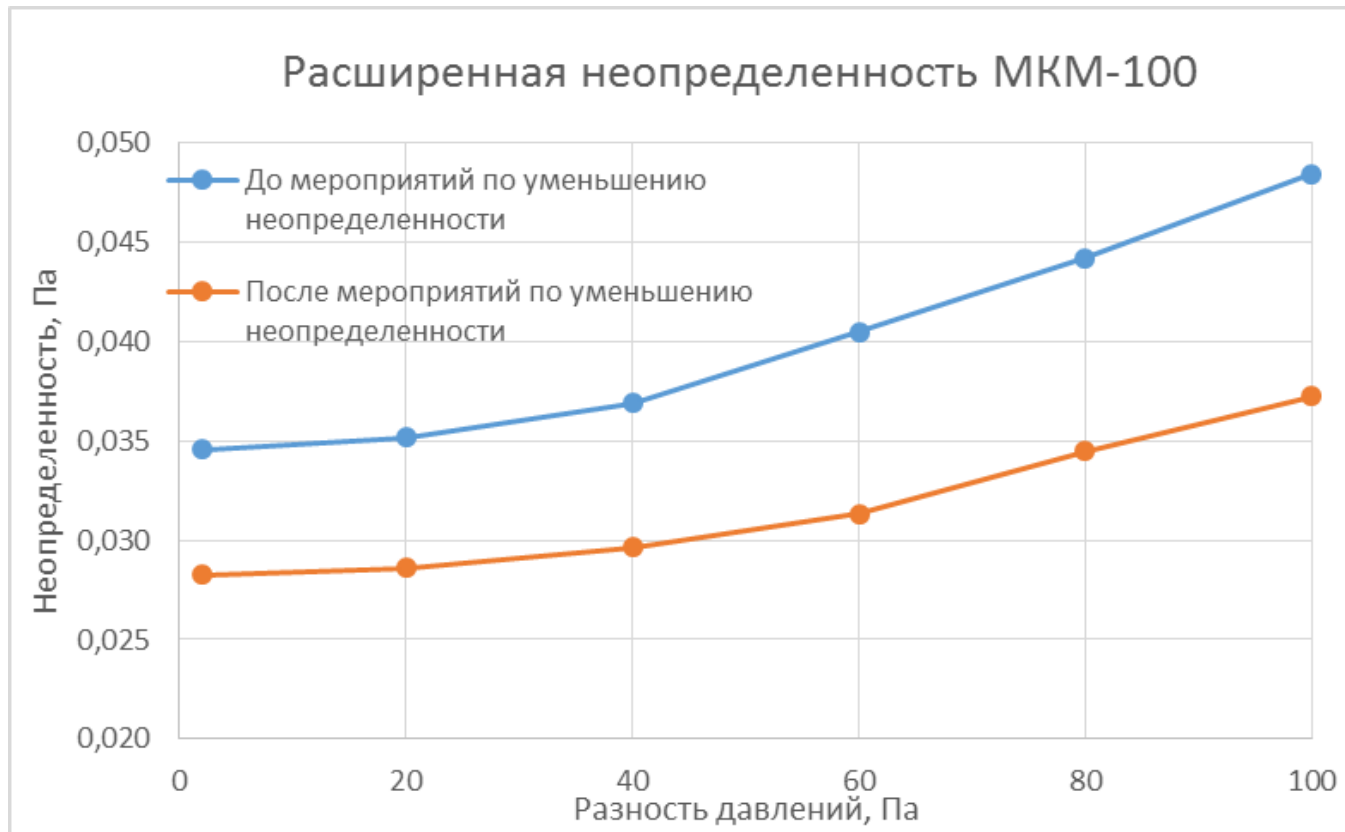


Расширенная неопределенность измерений МКМ-100

$$U = k\sqrt{u_A^2 + u_{B_{\text{си}}}^2 + u_{B_{\text{мет1}}}^2 + u_{B_{\text{мет2}}}^2 + u_{B_{\text{мет3}}}^2 + u_{B_{\text{мет4}}}^2 + u_{B_{\text{мет5}}}^2}$$

$k = 2$ – коэффициент охвата при доверительной вероятности 0,95

u_A – неопределенность, обусловленная процессом измерений (СКО)



Результаты калибровки



ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ УНИТАРНОЕ ПРЕДПРИЯТИЕ
ЦЕНТРАЛЬНЫЙ АЭРОГИДРОДИНАМИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ
ИМЕНИ ПРОФЕССОРА Н.Е. ЖУКОВСКОГО (ФГУП «ЦАГИ»)

Жуковского ул., д. 1, г. Жуковский, Московская обл., 140180
Телефон: (495) 556-42-81. Эл. почта: mra@tsagi.ru

СЕРТИФИКАТ О КАЛИБРОВКЕ СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ № К.3.29-0013-20

Средство измерений **Микроманометр колокольный МКМ-100**
заводской № **1**, изготовитель **ФГУП «ЦАГИ» НПО-7**
принадлежащее **ФГУП «ЦАГИ» НПО-7**
откалибровано в соответствии с методикой **МК 4.30.001-2020**
В результате установлены следующие действительные значения метрологических характеристик: см. протокол калибровки № К.3.29-0013-2020 от 03.09.2020

Доказательства прослеживаемости измерений: см. протоколы измерений № МКМ.О.1-2020 от 28.08.2020, МКМ.АУ.1-2020 от 17.08.2020, МКМ.ИТ.1-2020 от 17.08.2020, МКМ.Исп.1-2020 от 18.08.2020

Дата калибровки: 03.09.2020

Калибровочное клеймо

Зам. начальника НПО-7

Инженер 2-й кат.

Должность лица,
проводившего калибровку

А.И. Самойлов

расшифровка подписи

В.А. Бабин

расшифровка подписи

УТВЕРЖДАЮ

Зам. начальника НПО-7

А.И. Самойлов

«03» сентября 2020 г.

Протокол калибровки микроманометра колокольного МКМ-100

№ К.3.29-0013-2020

Дата: 03.09.2020

1 Применяемая методика калибровки: МК 4.30.001-2020

2 Применяемые средства калибровки: см. протоколы измерений № МКМ.О.1-2020 от 28.08.2020, МКМ.АУ.1-2020 от 17.08.2020, МКМ.ИТ.1-2020 от 17.08.2020, МКМ.Исп.1-2020 от 18.08.2020

3 Условия калибровки: см. протоколы измерений № МКМ.О.1-2020 от 28.08.2020, МКМ.АУ.1-2020 от 17.08.2020, МКМ.ИТ.1-2020 от 17.08.2020, МКМ.Исп.1-2020 от 18.08.2020

4 Установленные метрологические характеристики микроманометра

4.1 Геометрические размеры в рабочей зоне, мм

Размер	d	d ₁	D
Среднее значение	80,00502	0,5	113,13708
СКО	0,000601	0	0

4.2 Ускорение свободного падения, м/с²

g	g'	g'' (при необходимости)
9,8152	9,81517	-

4.3 Коэффициент преобразования, Па/г

K	K' (при необходимости)
1,92786	-

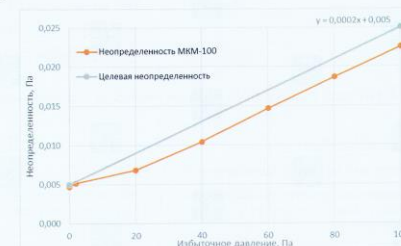
4.4 Поправка на испарение:

Зависимость $\Delta m(\tau)$, г	c_0 , г	c_1 , г/мин
$\Delta m(\tau) = c_0 + c_1 \cdot \tau$	-0,00072	0,00020

4.5 Неопределенность измерений избыточного давления, Па:

ΔP	$u_A(\Delta P)$	u_{B1}	u_{B21}	u_{B22}	u_{B23}	u_{B24}	u_{B25}	u_B
$5 \cdot 10^{-2}$	0,0017	0,0002	0,000005	0,0000002	0,0013	0,0016	0,0004	0,00
20	0,0020	0,0004	0,002	0,0001	0,0010	0,0016	0,0004	0,00
40	0,0028	0,0005	0,004	0,0002	0,0008	0,0016	0,0004	0,00
60	0,0011	0,0006	0,007	0,00029	0,0005	0,0016	0,0004	0,00
80	0,0013	0,0008	0,009	0,00039	0,0003	0,0016	0,0004	0,00
100	0,0007	0,0009	0,011	0,00048	0,000006	0,0016	0,0004	$5 \cdot 10^{-5}$

4.6 График расширенной и целевой неопределенности измерений избыточного давления:



5 Результаты калибровки

5.1 Внешний осмотр показал:

5.1.1 Комплектность и состав набора соответствует/не соответствует эксплуатационной документации

5.1.2 На поверхности колокола в рабочей зоне отсутствуют/присутствуют трещины, сколы, следы коррозии, забоины.

5.1.3 Внешние признаки нарушения целостности и повреждений соединительных трасс и электрических проводов отсутствуют/присутствуют.

5.2 При опробовании установлено:

5.2.1 Нижняя плата микроманометра в горизонтальный уровень выставляется/не выставляется.

5.2.2 Колокол микроманометра в горизонтальный уровень выставляется/не выставляется.

5.2.3 Программное обеспечение функционирует/не функционирует.

5.2.4 Избыточное давление под колокол подается/не подается.

5.2.5 Весы на изменение давления реагируют/не реагируют.

5.3 Определение (контроль) метрологических характеристик

5.3.1 Микроманометр колокольный МКМ-100 воспроизводит единицу избыточного давления в диапазоне от 0,05 до 100 Па, что соответствует/не соответствует эксплуатационным документам на микроманометр.

5.3.2 Расширенная неопределенность измерений не более 0,025 Па, что соответствует/не соответствует эксплуатационным документам на микроманометр и не превышает/превышает целевую неопределенность измерений $(0,0002 \cdot \Delta P + 0,005)$ Па.

Исполнители:

Инженер 2-й кат.
(Должность)

(Подпись)

В.А. Бабин
(Расшифровка подписи)

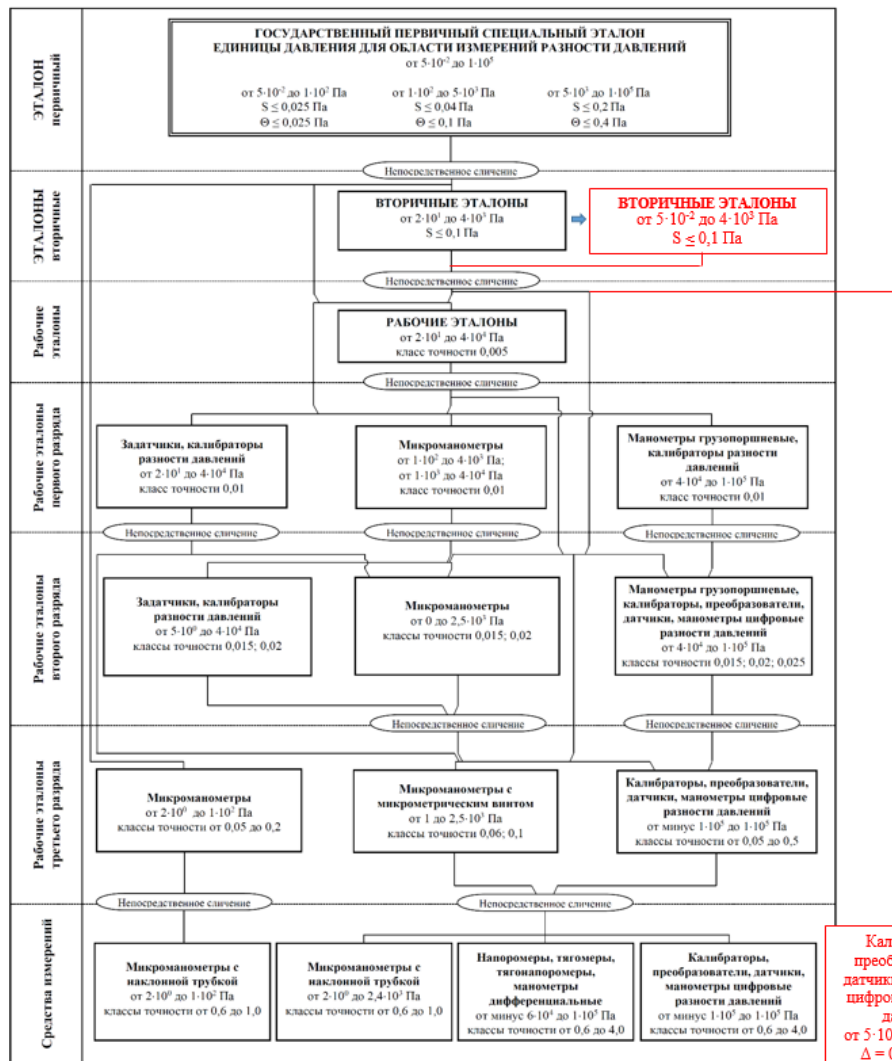
Нач. сектора №4 НПО-7
(Должность)

(Подпись)

О.В. Довыденко
(Расшифровка подписи)

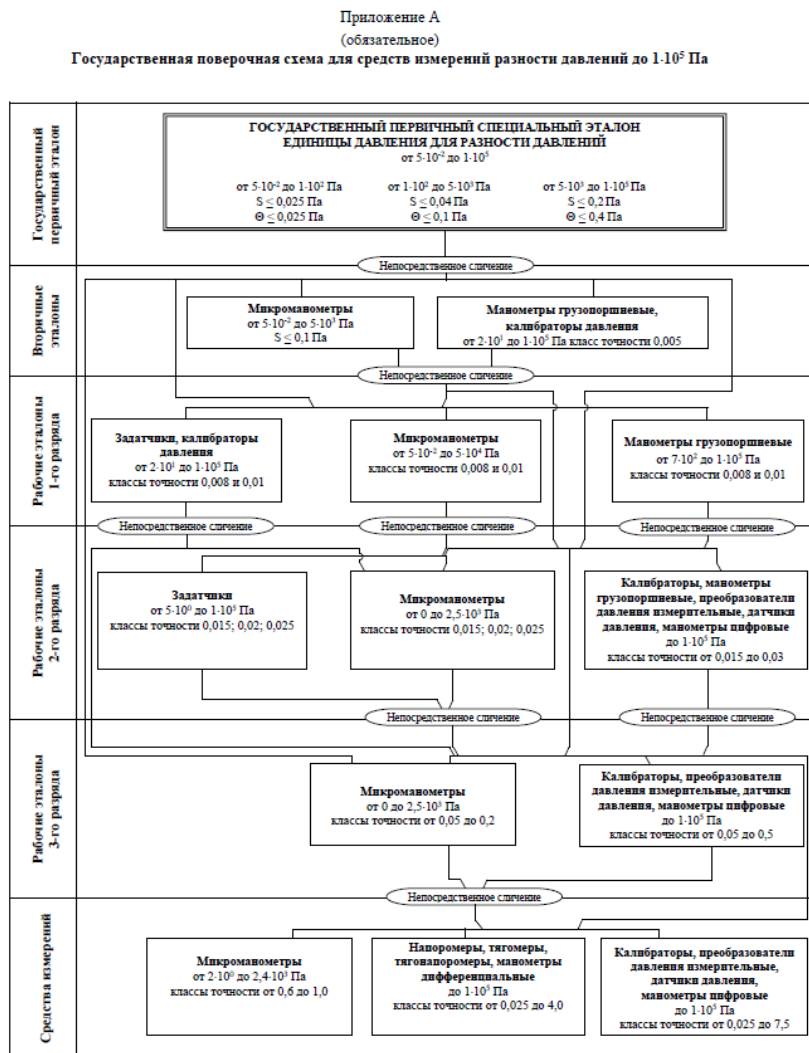
Схема передачи единицы величины от ГПСЭ

2020 г. Предложения ЦАГИ по включению МКМ-100 в разряд вторичных эталонов ГПС



Калибраторы, преобразователи, датчики, манометры цифровые разности давлений от $5 \cdot 10^{-2}$ до $1 \cdot 10^3$ Па $\Delta = 0,1 \dots 1,5$ Па

2021 г. Новая ГПС, утверждена приказом Росстандарта № 1904 от 31.08.2021



Спасибо за внимание!

Ольга Довыденко

Начальник сектора ФГУП «ЦАГИ»

metrology@tsagi.ru

+7 498 483 25 54

+7 903 581 83 72