

УТВЕРЖДАЮ
Генеральный директор
ЗАО «НИИ СТТ»



В.С. Галкин

2015 г.

УТВЕРЖДАЮ
Руководитель ГЦИ СИ
ФБУ «УРАЛТЕСТ»



О.А. Гладких

2015 г.

**Комплекс измерительно-вычислительный
ММКС-05**

Методика поверки
НЛСД.411174.033МП

2/0. 62002-15

СОДЕРЖАНИЕ

1 ВВОДНАЯ ЧАСТЬ	3
2 ОПЕРАЦИИ ПОВЕРКИ.....	3
3 СРЕДСТВА ПОВЕРКИ	3
4 ТРЕБОВАНИЯ К КВАЛИФИКАЦИИ ПОВЕРИТЕЛЕЙ	4
5 ТРЕБОВАНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ	4
6 УСЛОВИЯ ПОВЕРКИ	4
7 ПОДГОТОВКА К ПОВЕРКЕ	4
8 ПРОВЕДЕНИЕ ПОВЕРКИ	5
9 ОФОРМЛЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ПОВЕРКИ.....	12

1 ВВОДНАЯ ЧАСТЬ

1.1 Настоящая методика устанавливает методы и средства первичной и периодической поверок комплексов измерительно-вычислительных ММКС-05 (далее – комплекс), предназначенных для задания и измерения силы постоянного тока намагничивания, измерения магнитного потока и вычисления статических магнитных характеристик образцов магнитомягких материалов.

1.2 Интервал между поверками – два года.

2 ОПЕРАЦИИ ПОВЕРКИ

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

Таблица 1 – Операции поверки

Наименование операции	Номер пункта документа по поверке	Проведение операции при	
		первой проверке	периодической проверке
Внешний осмотр	8.1	+	+
Опробование, подтверждение соответствия программного обеспечения	8.2	+	+
Проверка погрешности задания и измерения силы постоянного тока намагничивания	8.3	+	+
Проверка погрешности измерения магнитного потока	8.4	+	+
Проверка основной погрешности измерения магнитных характеристик	8.6	+	+

3 СРЕДСТВА ПОВЕРКИ

3.1 При проведении поверки комплекса должны быть применены средства измерений, указанные в таблице 2.

Таблица 2 – Средства поверки

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
8.3	<p>Катушка электрического сопротивления Р310, номинальное значение 0,01 Ом, класс точности 0,02.</p> <p>Катушки электрического сопротивления Р321, номинальные значения 0,1 Ом и 10 Ом, класс точности 0,01.</p> <p>Катушка электрического сопротивления Р331, номинальное значение 1000 Ом, класс точности 0,01.</p> <p>Мультиметр цифровой Agilent 34410A, диапазоны измерения и соответствующие пределы допускаемой абсолютной погрешности измерения напряжения постоянного тока:</p> <p>до 100 мВ: $\pm(0,00005 \cdot U_{изм} + 0,000035 \cdot U_{пп})$;</p> <p>до 1 В: $\pm(0,000035 \cdot U_{изм} + 0,000007 \cdot U_{пп})$;</p> <p>до 10 В: $\pm(0,00003 \cdot U_{изм} + 0,000005 \cdot U_{пп})$;</p> <p>где $U_{изм}$ – измеренное напряжение постоянного тока, В;</p> <p>$U_{пп}$ – значение предела измерений напряжения постоянного тока, В.</p>

8.4	<p>Меры взаимной индуктивности образцовые Р5009, номинальные значения 10 и 0,1 мВб/А, 2-й разряд по ГОСТ 8.030-2013, пределы допускаемой относительной погрешности постоянной меры по магнитному потоку $\pm 0,1 \%$.</p> <p>Мера магнитного потока КВ-7 из состава комплекса измерительно-вычислительного ММК-С15Э, номинальное значение 10 мВб/А, 2-й разряд по ГОСТ 8.030-2013, пределы допускаемой относительной погрешности постоянной меры по магнитному потоку $\pm 0,2 \%$, максимальная сила тока первичной обмотки не менее 5 А.</p>
8.6	<p>Меры магнитного потока – стандартные образцы магнитомягких материалов, 2-й разряд по ГОСТ 8.030-2013, аттестованные по характеристикам:</p> <ul style="list-style-type: none"> - B_{max} – магнитная индукция при максимальном значении напряженности магнитного поля, погрешность аттестации не более $\pm 1,0 \%$; - B_r – остаточная магнитная индукция, погрешность аттестации не более $\pm 1,0 \%$; - $H_{c,B}$ – коэрцитивная сила по индукции, погрешность аттестации не более $\pm 1,5 \%$.

3.2 При поверке комплекса допускается использование средств измерений, не указанных в таблице 2, но удовлетворяющих по метрологическим и основным техническим характеристикам требованиям настоящей методики.

4 ТРЕБОВАНИЯ К КВАЛИФИКАЦИИ ПОВЕРИТЕЛЕЙ

4.1 К проведению поверки допускаются лица с высшим техническим образованием, прошедшие обучение по специальности «Проверка и калибровка средств магнитных измерений» и изучившие эксплуатационную документацию поверяемого комплекса и средств поверки.

5 ТРЕБОВАНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ

5.1 При проведении поверки должны выполняться требования безопасности, указанные в эксплуатационной документации на поверяемый комплекс и применяемые средства поверки.

6 УСЛОВИЯ ПОВЕРКИ

6.1 При проведении поверки должны соблюдаться следующие условия:

- температура окружающего воздуха, °C от 15 до 25;
 - изменение температуры за один час работы, °C: не более 2;
 - напряжение питающей сети, В 220±22;
 - частота питающей сети. Гц 50±0,5.

6.2 Внешние электрические и магнитные поля должны находиться в пределах, не влияющих на работу комплекса и средств поверки.

6.3 Ферромагнитные предметы не должны находиться ближе 1,5 м от применяемой меры взаимной индуктивности (меры магнитного потока).

6.4 Мера взаимной индуктивности (мера магнитного потока) не должна находиться ближе 1 м от блоков комплекса.

7 ПОДГОТОВКА К ПОВЕРКЕ

7.1 Выдержать в условиях, указанных в п.6.1, поверяемый комплекс и средства поверки в течение не менее 8 часов.

7.2 Выполнить подготовительные операции согласно п. 2.3 НЛСД.411174.033РЭ "Комплекс измерительно-вычислительный ММКС-05. Руководство по эксплуатации" (далее – РЭ).

8 ПРОВЕДЕНИЕ ПОВЕРКИ

8.1 Внешний осмотр

8.1.1 Установить соответствие комплекса следующим требованиям:

- комплектность согласно п. 1.1.3 РЭ;
- сохранность пломб;
- отсутствие видимых механических повреждений составных частей комплекса;
- отсутствие повреждений соединительных кабелей, сетевого шнура;
- прочность крепления наружных деталей, четкость фиксации переключателя;
- чистота разъемов и клемм подключения обмоток образца.

8.2 Опробование, подтверждение соответствия программного обеспечения

8.2.1 Подключить аппаратуру комплекса к управляющей ПЭВМ. Включить аппаратуру комплекса и управляющую ПЭВМ.

8.2.2 Запустить ПО комплекса. Должно быть получено сообщение об успешном прохождении проверки контрольных сумм файлов – рисунок 8.1.

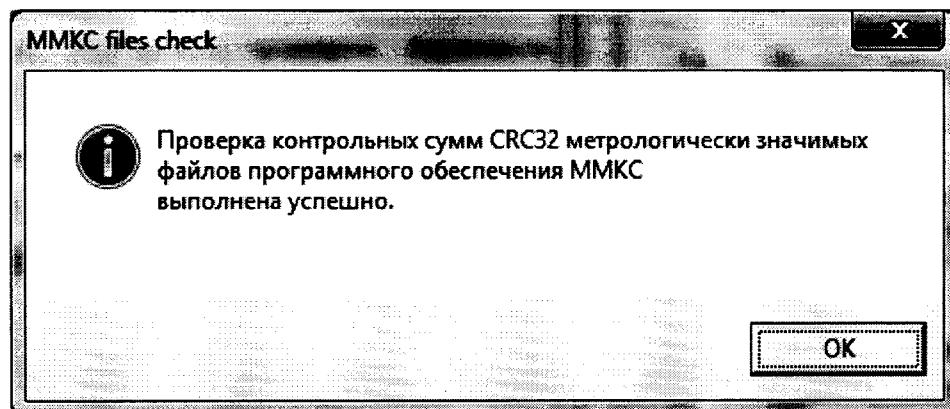


Рисунок 8.1 – Сообщение об успешном прохождении проверки контрольных сумм метрологически значимых файлов

8.2.3 Подключить аппаратуру ММКС-05 к ПО. Для этого выполнить команду Окно -> Измерение образца. В открывшемся окне перейти на вкладку "Измерение" и в области "2 Монитор" выполнить команду "Подключить инструментальный интерфейс" – рисунок 8.2.

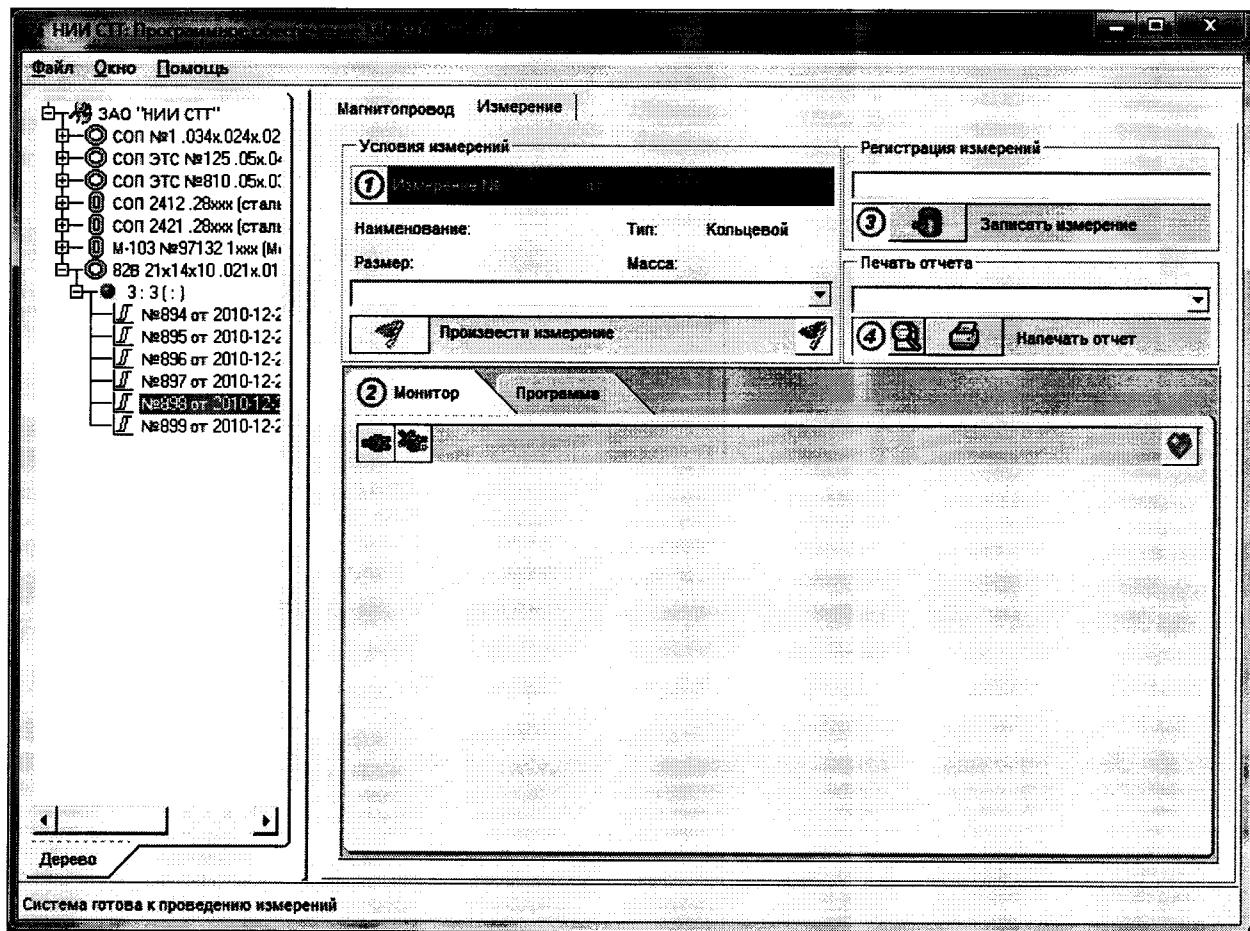


Рисунок 8.2 – Подключение аппаратуры ММКС-05 к ПО

Должно быть получено сообщение об успешном прохождении проверки конфигурационных настроек (калибровочных констант) – рисунок 8.3.

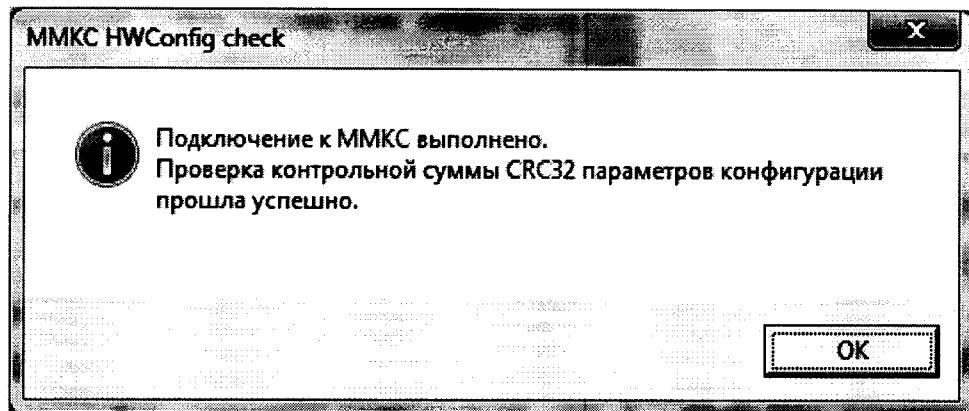


Рисунок 8.3 – Сообщение об успешном прохождении проверки контрольной суммы конфигурационных настроек (калибровочных констант)

8.2.4 Для идентификации ПО используются наименование ПО и номер версии. Способ идентификации ПО – после запуска программы наименование и номер версии считывается в верхней части окна программы – рисунок 8.4.

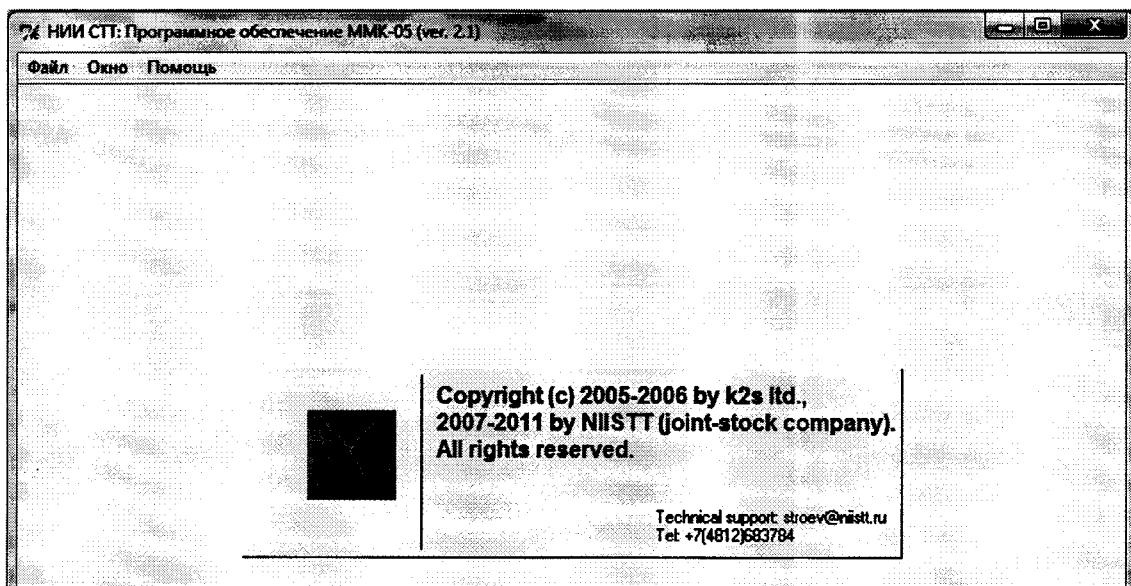


Рисунок 8.4 – Фрагмент основного окна ПО и наименование ПО

Наименование ПО должно соответствовать представленному на рисунке 8.4. Номер версии ПО должен быть 2.1 или выше.

8.2.5 Результат опробования считать положительным, если п.п. 8.2.2-8.2.4 выполнены.

8.3 Проверка погрешности задания и измерения силы постоянного тока намагничивания

8.3.1 Подключить к клеммам «Датчик тока» и «Выход ±5 А» катушку электрического сопротивления, номинальное сопротивление которого равно первому значению из таблицы 3. Параллельно катушке электрического сопротивления подключить мультиметр цифровой Agilent 34410A (далее – мультиметр) в режиме измерения напряжения постоянного тока.

Таблица 3

Предел измерения силы тока, А	Заданное значение силы тока, А	Тип и номинальное значение сопротивления катушки электрического сопротивления
0,005	0,00015	P331 1000 Ом
	-0,00015	
	0,0003	
	-0,0003	
	0,0005	
	-0,0005	
	0,001	
	-0,001	
	0,002	
	-0,002	
	0,005	
	-0,005	
0,05	0,0005	P321 10 Ом
	-0,0005	
	0,005	
	-0,005	
	0,01	
	-0,01	
	0,02	
	-0,02	
	0,05	

Предел измерения силы тока, А	Заданное значение силы тока, А	Тип и номинальное значение сопротивления катушки электрического сопротивления
0,5	-0,05	P321 10 Ом
	0,005	
	-0,005	
	0,05	
	-0,05	
	0,1	
	-0,1	
	0,2	
	-0,2	
	0,5	
5	-0,5	P321 0,1 Ом
	0,05	
	-0,05	
	0,5	
	-0,5	
	1	
	-1	
	2	
	-2	
	5	
	-5	

8.3.2 В окне программы автоматизированного рабочего места измерения магнитных характеристик (далее – управляющей программы) в меню «Окно» выбрать режим «Проверка погрешности». Перейти во вкладку «Проверка погрешности измерения тока намагничивания».

8.3.3 В раскрывающемся списке «Предел измерения» выбрать значение предела, соответствующее первому значению предела из таблицы 3.

8.3.4 В одном из двух полей «Значение тока, А» ввести первое значение силы заданного тока намагничивания $I_{зад}$ из таблицы 3, навести курсор на кнопку «Установить ток» и нажать левую клавишу мыши (далее – ЛКМ), после чего навести курсор на кнопку «Измерить» и нажать ЛКМ.

8.3.5 Рассчитать действительное значение силы тока $I_{действ}$, А, по формуле:

$$I_{действ} = \frac{|U_{изм}|}{R_{эт}}, \quad (1)$$

где $U_{изм}$ – значение напряжения постоянного тока, измеренное мультиметром, В;
 $R_{эт}$ – значение сопротивления катушки электрического сопротивления, Ом.

8.3.6 Относительную погрешность задания тока $\delta I_{зад}$, %, вычислить по формуле:

$$\delta I_{зад} = \frac{I_{действ} - |I_{зад}|}{|I_{зад}|} \cdot 100. \quad (2)$$

8.3.7 Значение погрешности, рассчитанное по п. 8.3.6, не должно превышать значения, рассчитанного по формуле:

$$\pm \left(0,2 + 0,002 \cdot \left(\frac{I_{пред}}{|I_{зад}|} - 1 \right) \right), \quad (3)$$

где $I_{пред}$ – значение предела измерения, А.

8.3.8 Занести в протокол испытаний измеренное комплексом значение силы тока намагничивания $I_{изм}$.

8.3.9 Относительную погрешность измерения силы тока намагничивания $\delta I_{изм}$, %, вычислить по формуле:

$$\delta I_{изм} = \frac{|I_{изм}| - I_{действ}}{|I_{изм}|} \cdot 100. \quad (4)$$

8.3.10 Значение погрешности, рассчитанное по п. 8.3.9, не должно превышать значения, рассчитанного по формуле:

$$\pm \left(0,2 + 0,002 \cdot \left(\frac{I_{пред}}{|I_{изм}|} - 1 \right) \right). \quad (5)$$

8.3.11 Повторить операции по п.п. 8.3.1-8.3.10 для других значений силы тока и соответствующих им значений предела измерения тока и значений сопротивления катушки электрического сопротивления, указанных в таблице 3.

8.3.12 Для отключения режима генерации постоянного тока намагничивания при смене катушки электрического сопротивления в меню «Окно» выбрать пункт «Измерения образца». В правой части открывшегося окна перейти на вкладку «Измерение». В области 2, на вкладке «Монитор», навести курсор на кнопку , предназначенную для отключения инструментального интерфейса, и нажать ЛКМ.

8.4 Проверка погрешности измерения магнитного потока

8.4.1 В окне управляющей программы в меню «Окно» выбрать режим «Программы измерения».

8.4.2 Руководствуясь п. 6.4 НЛСД.411174.033РО «Комплекс измерительно-вычислительный ММКС-05. Руководство оператора» (далее – РО) создать программы измерения зависимости магнитного потока от силы тока с параметрами, приведенными в таблице 4.

8.4.3 Подключить к клеммам «Датчик тока» и «Выход ±5 А» первичную обмотку меры взаимной индуктивности (далее – КВИ) с номинальным значением взаимной индуктивности КВИ (постоянной по магнитному потоку), указанным первым в таблице 4. Подключить к клеммам «Общ.» и входу веберметра с номером, указанным первым в таблице 4 вторичную обмотку КВИ.

Таблица 4

Заданное значение потока	Тип и номинальное значение постоянной КВИ	Номер входа веберметра	Параметры программы измерения					Пределы допускаемой относительной погрешности измерения потока, %
			Номер программы измерения	Заданное значение тока, А	Канал измерения потока	Время удержания постоянного тока, с	Время переключения, с	
1 мкВб	P5009 100 мкВб/А	1	1	0,005	10 мкВб	0,2	0,1	1
2 мкВб				0,01				
5 мкВб				0,025				
10 мкВб				0,05				
20 мкВб				0,1				
5 мкВб			2	0,025	100 мкВб	0,5	0,5	1
10 мкВб				0,05				
20 мкВб				0,1				
50 мкВб				0,25				
100 мкВб				0,5				
200 мкВб		P5009 10 мВб/А	3	1,0	1 мВб	0,5	0,5	2
0,05 мВб				0,0025				
0,1 мВб				0,005				
0,2 мВб				0,01				
0,5 мВб				0,025				
1,0 мВб			4	0,05	10 мВб	0,5	0,5	2
2,0 мВб				0,1				
0,5 мВб				0,025				
1 мВб				0,05				
2 мВб				0,1				
5 мВб	КВ-7 10 мВб/А	5	2	0,25	100 мВб	0,5	0,5	2
10 мВб				0,5				
20 мВб				1				
5 мВб				0,25				
10 мВб				0,5				
20 мВб		6	3	1	100 мВб	0,5	0,5	2
50 мВб				2,5				
100 мВб				5				

Примечания:

- Значение «1» параметра «Режим балансировки интегратора» – режим балансировки интегратора «На каждый шаг», «2» – режим балансировки «На каждое значение»;
- Количество периодов подготовки – 1, количество периодов измерения – 1.

8.4.4 В окне управляющей программы в меню «Окно» выбрать режим «Измерение образца».

8.4.5 Руководствуясь п. 6.3 РО, выполнить измерение по программе, приведенной первой в таблице 4.

8.4.6 Рассчитать действительное значение магнитного потока $\Phi_{\text{действ}}$, Вб, по формуле:

$$\Phi_{\text{действ}} = 2 \cdot K_{\phi} \cdot I_{\text{изм}}, \quad (6)$$

где K_Φ – значение постоянной по магнитному потоку из свидетельства о поверке КВИ, Вб/А.

8.4.7 Рассчитать значение магнитного потока $\Phi_{\text{расч}}$, Вб, по формуле:

$$\Phi_{\text{расч}} = 2 \cdot \Phi_{\text{изм}}, \quad (7)$$

где $\Phi_{\text{изм}}$ – значение магнитного потока, измеренное комплексом, Вб.

8.4.8 Относительную погрешность измерения магнитного потока $\delta\Phi$, %, рассчитать по формуле:

$$\delta\Phi = \frac{\Phi_{\text{расч}} - \Phi_{\text{действ}}}{\Phi_{\text{действ}}} \cdot 100. \quad (8)$$

8.5 Значение погрешности, рассчитанное по п. 8.4.8, должно находиться в пределах допускаемой относительной погрешности, приведенных в таблице 4. Если условия поверки не позволяют провести проверку погрешности измерения магнитного потока на пределе 10 мкВб, то допускается ограничение диапазона измерения магнитного потока с соответствующей записью в свидетельстве о поверке.

8.5.1 Повторить операции по п.п. 8.4.3-8.5 для других программ измерения, указанных в таблице 4.4.

8.6 Проверка основной погрешности измерения магнитных характеристик

8.6.1 Подключить к клеммам «Датчик тока» и «Выход ±5 А» первичную обмотку первого стандартного образца (далее – СО) из таблицы 5. Подключить к клеммам «Общ.» и «Вход 2» вторичную обмотку СО.

Таблица 5

Стандартный образец	Обозначение измеряемой величины, обозначение единицы измерения	Измеряемая магнитная характеристика	Пределы допускаемой относительной погрешности измерения магнитной характеристики, %
Образец №1 (сплав марки 79НМ по ГОСТ 10160-75)	B_{150} , Тл	магнитная индукция при напряженности магнитного поля $H = 150 \text{ A/m}$	±1,5
	$H_{c,B}$, А/м	коэрцитивная сила по индукции, определенная для значения максимальной напряженности поля $H = 150 \text{ A/m}$	$\pm \left(2 + 0,01 \cdot \left(\frac{H_{\max}}{H_{c,B}} - 1 \right) \right)$
	B_r , Тл	остаточная магнитная индукция для значения максимальной напряженности поля $H=150 \text{ A/m}$	±1,5
Образец №2 (сплав марки 50Н по ГОСТ 10160-75)	B_{400} , Тл	магнитная индукция при напряженности магнитного поля $H = 400 \text{ A/m}$	±1,5
	$H_{c,B}$, А/м	коэрцитивная сила по индукции, определенная для значения максимальной напряженности поля $H = 400 \text{ A/m}$	$\pm \left(2 + 0,01 \cdot \left(\frac{H_{\max}}{H_{c,B}} - 1 \right) \right)$

Стандартный образец	Обозначение измеряемой величины, обозначение единицы измерения	Измеряемая магнитная характеристика	Пределы допускаемой относительной погрешности измерения магнитной характеристики, %
	B_r , Тл	остаточная магнитная индукция для значения максимальной напряженности поля $H = 400 \text{ A/m}$	$\pm 1,5$
Образец №3 (сталь марки 20895 по ГОСТ 11036-75)	B_{1600} , Тл	магнитная индукция при напряженности магнитного поля $H = 1600 \text{ A/m}$	$\pm 1,5$
	$H_{c,B}$, А/м	коэрцитивная сила по индукции, определенная для значения максимальной напряженности поля $H = 1600 \text{ A/m}$	$\pm \left(2 + 0,01 \cdot \left(\frac{H_{\max}}{H_{c,B}} - 1 \right) \right)$
	B_r , Тл	остаточная магнитная индукция для значения максимальной напряженности поля $H = 1600 \text{ A/m}$	$\pm 1,5$

8.6.2 Руководствуясь РО, выполнить измерение первой магнитной характеристики из таблицы 5.

8.6.3 Относительную погрешность измерения магнитной характеристики $\delta M_{\text{изм}}$, %, рассчитать по формуле:

$$\delta M_{\text{изм}} = \frac{M_{\text{изм}} - M_{\text{co}}}{M_{\text{co}}} \cdot 100, \quad (9)$$

где $M_{\text{изм}}$ – значение магнитной характеристики, измеренное комплексом;

M_{co} – аттестованное значение магнитной характеристики.

8.6.4 Относительная погрешность, рассчитанная по формуле (9) должна удовлетворять условию:

$$|M_{\text{изм}}| \leq \sqrt{\delta_{\text{co}}^2 + \delta^2}, \quad (10)$$

где δ_{co} – относительная погрешность аттестации образца по измеряемой магнитной характеристике;

δ – допускаемая относительная погрешность измерения магнитной характеристики из таблицы 5.

8.6.5 Повторить п.п. 8.6.1-8.6.44 для других магнитных характеристик образцов из таблицы 5.

9 ОФОРМЛЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ПОВЕРКИ

9.1 Результаты поверки заносят в протокол поверки произвольной формы.

9.2 Положительные результаты поверки комплекса измерительно-вычислительного ММКС-05 оформляют согласно ПР 50.2.006-94 выдачей свидетельства о поверке.

9.3 Отрицательные результаты поверки комплекса измерительно-вычислительного ММКС-05 оформляют согласно ПР 50.2.006-94 выдачей извещения о непригодности к применению.