



Западно-Сибирский филиал
ФГУП «Всероссийский научно-исследовательский институт
физико-технических и радиотехнических измерений»

пр. Димитрова, 4, г. Новосибирск, 630004, тел. (383) 210-08-14, факс (383) 210-13-60, E-mail: director@sniim.ru



Государственная система обеспечения единства измерений

**УСТАНОВКИ ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЙ ТАНГЕНСА УГЛА
ДИЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ПОТЕРЬ ЖИДКИХ ДИЭЛЕКТРИКОВ
МЕТЕРОН ТТМ**

**МЕТОДИКА ПОВЕРКИ.
МП-509.310556-2023**

г. Новосибирск

2023г.

1 ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Настоящая методика поверки применяется для поверки установок для измерений тангенса угла диэлектрических потерь жидких диэлектриков Метерон ТТМ (далее – установки). Установки для измерений тангенса угла диэлектрических потерь жидких диэлектриков Метерон ТТМ предназначены для измерений тангенса угла диэлектрических потерь, удельного электрического сопротивления, температуры, электрической ёмкости, диэлектрической проницаемости жидких диэлектриков при разной температуре трансформаторного масла.

При проведении поверки обеспечивается передача единицы электрической ёмкости в соответствии с государственной поверочной схемой ГОСТ 8.371-80 «ГСИ. Государственный первичный эталон и общесоюзная поверочная схема для средств измерений электрической ёмкости», подтверждающая прослеживаемость к государственному первичному эталону единицы электрической ёмкости ГЭТ 25-79; единицы тангенса угла потерь в соответствии с государственной поверочной схемой ГОСТ 8.019-85 «ГСИ. Государственный первичный эталон и общесоюзная поверочная схема для средств измерений тангенса угла потерь», подтверждающая прослеживаемость к государственному первичному эталону единицы угла потерь ГЭТ 143-85; единицы температуры в соответствии с государственной поверочной схемой, утверждённой приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 23 декабря 2022г. №3253, подтверждающая прослеживаемость к государственному первичному эталону ГЭТ 34-2020.

Методы, обеспечивающие реализацию методики поверки: метод прямых измерений, метод непосредственного сличения.

Поверка установок должна проводиться в соответствии с требованиями настоящей методики поверки.

2 ПЕРЕЧЕНЬ ОПЕРАЦИЙ ПОВЕРКИ

Для поверки установок должны быть выполнены операции, указанные в таблице 1.

Таблица 1 – Операции поверки

Наименование операции поверки	Номер пункта методики поверки	Обязательность выполнения при	
		первичной поверке	периодической поверке
Внешний осмотр	7	Да	Да
Контроль условий поверки (при подготовке к поверке и опробовании)	8.1	Да	Да
Определение сопротивления изоляции (при подготовке к поверке и опробовании)	8.2	Да	Нет
Опробование (при подготовке к поверке и опробовании)	8.3	Да	Да
Проверка программного обеспечения	9	Да	Да
Определение метрологических характеристик	10	Да	Да
Подтверждение соответствия метрологическим требованиям	11	Да	Да

3 ТРЕБОВАНИЯ К УСЛОВИЯМ ПРОВЕДЕНИЯ ПОВЕРКИ

При поверке установок должны соблюдаться условия, приведенные в таблице 2.

Таблица 2 – Условия проведения поверки

Температура окружающего воздуха, °C	от +15 до +25
Относительная влажность, %	от 30 до 80
Атмосферное давление, кПа	от 84 до 106,7
Напряжение питающей сети, В	от 198 до 242

4 ТРЕБОВАНИЯ К СПЕЦИАЛИСТАМ, ОСУЩЕСТВЛЯЮЩИМ ПОВЕРКУ

К проведению поверки допускаются лица, изучившие настоящую методику поверки, изучившие эксплуатационную документацию на установки и средства поверки. К проведению поверки допускаются лица, соответствующие требованиям, изложенным в статье 41 Приказа Минэкономразвития России от 26.10.2020 года № 707 (ред. от 30.12.2020 года) «Об утверждении критериев аккредитации и перечня документов, подтверждающих соответствие заявителя, аккредитованного лица критериям аккредитации».

5 МЕТРОЛОГИЧЕСКИЕ И ТЕХНИЧЕСКИЕ ТРЕБОВАНИЯ К СРЕДСТВАМ ПОВЕРКИ

Таблица 3 – Средства поверки и вспомогательные технические средства

Операции поверки, требующие применение средств поверки	Метрологические и технические требования к средствам поверки, необходимые для проведения поверки	Рекомендуемый тип средства поверки
п.8.1 Контроль условий поверки (при подготовке к поверке и опробовании)	Средства измерений температуры окружающего воздуха в диапазоне измерений от плюс 15 °C до плюс 25 °C с абсолютной погрешностью не более 1 °C; Средства измерений относительной влажности воздуха в диапазоне от 20 до 90 % с погрешностью не более 3%; Средства измерений атмосферного давления в диапазоне от 80 до 106 кПа, с абсолютной погрешностью не более 5 кПа; Средства измерений напряжения переменного тока в диапазоне от 145 до 250В, с относительной погрешностью не более 1,5%	Прибор комбинированный TESTO-622, рег.№44744-10, мультиметр APPA105N, рег.№21501-07
п.8.2 Опробование	–	–
п.8.3 Определение сопротивления изоляции (при подготовке к поверке и опробовании) средства измерений	Измеритель сопротивления в диапазоне измерений сопротивления от 0,2 МОм до 2 ГОм, с испытательным напряжением 500 В, относительной погрешностью не более 3%	Измеритель сопротивления электроизоляции проводников присоединения к земле и выравнивания потенциалов МИС-3, рег.№26114-03
п.11 Определение метрологических характеристик средств измерений	Мосты переменного тока, соответствующие требованиям к эталонам не ниже 3 разряда по ГОСТ 8.371-80	Мост ёмкостной цифровой прецизионный АН2700А, рег.№36294-07
	Магазин сопротивлений	АКИП-7502/3, рег.№56598-14
	Магазин сопротивлений	Р4002, рег.№ 2224-66
	Термометр лабораторный электронный	LTA, рег.№ 69551-17
	Термостат жидкостный	Термотест-100, рег.№ 25777-03

Продолжение таблицы 3

Вспомогательные технические средства:

конденсатор вакуумный переменной ёмкости КП1-8 5кВ 4-100 пФ;

конденсаторы слюдяные СГМ-1 470 пФ, 5шт;

резисторы С2-29В 1 МОм, 1шт;

1,5 МОм, 2шт;

3 МОм, 2шт;

резистор С3-14 47 МОм, 2шт.

Допускается использовать при поверке другие утверждённые и аттестованные эталоны единиц величин, средства измерений утверждённого типа и поверенные, удовлетворяющие метрологическим требованиям, указанным в таблице

6 ТРЕБОВАНИЯ (УСЛОВИЯ) ПО ОБЕСПЕЧЕНИЮ БЕЗОПАСНОСТИ ПРОВЕДЕНИЯ ПОВЕРКИ

При проведении поверки необходимо соблюдать требования безопасности, установленные ГОСТ 12.3.019-80 «Правила технической эксплуатации электроустановок потребителей». К проведению поверки допускаются лица, изучившие руководство по эксплуатации установки.

7 ВНЕШНИЙ ОСМОТР СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ

Внешний осмотр.

Установки допускаются к дальнейшей поверке, если:

- внешний вид соответствует описанию типа;
- соблюдаются требования по защите установок от несанкционированного вмешательства согласно описанию типа;
- отсутствуют видимые дефекты, способные оказать влияние на безопасность проведения поверки или результаты поверки;
- комплектность установок должна соответствовать руководству по эксплуатации;
- не выявлены механические повреждения корпусов, органов управления. Все надписи должны быть четкими и ясными;
- разъемы не повреждены.

При выявлении дефектов, способных оказать влияние на безопасность проведения поверки, устраняются до проведения поверки. После устранения дефектов установки допускаются к дальнейшей поверке.

8 ПОДГОТОВКА К ПОВЕРКЕ И ОПРОБОВАНИЕ СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ

8.1 Контроль условий проведения поверки

- выдержать Установки в нормальных условиях окружающей среды не менее 2 ч, если они находились в климатических условиях, отличающихся от указанных в таблице 2.

8.2 Проверка сопротивления изоляции.

Электрическое сопротивление изоляции установки проверяют измерителем сопротивления с испытательным напряжением 500В.

Сопротивление изоляции измеряется между корпусом и входными электрическими цепями.

Измеренное значение сопротивления изоляции должно быть не менее 20 МОм.

8.3 Опробование

Установки заземлить. Подключить шнур питания к сети. Включить выключатель клавишный в положение «I». Опробование установок проводят путём проверки работоспособности жидкокристаллического сенсорного дисплея. Нажимать поочерёдно на кнопки дисплея с чередованием кнопки «Назад». Выборочно проверить возможность

установления различных значений переменного и постоянного напряжения и температуры. Провести измерение ячейки без масла. Измерение должно завершиться выводом измеренных значений на ЖК-дисплей. Нажимая кнопку «Печать» проверяется печатающее устройство. При появлении на дисплее сообщения об ошибке установки бракуются. Проверить блокировку измерений на установках. При открытой крышке появляется сообщение на дисплее «Крышка не закрыта».

9 ПРОВЕРКА ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ

Результат проверки считать положительным, если номер версии программного обеспечения, приведённого в таблице 4, совпадает с номером, указанным на наклейке справой стороны корпуса установок.

Таблица 4

Идентификационные данные (признаки)	Значение
Номер версии (идентификационный номер ПО)	не ниже V5.14.0.0

10 ОПРЕДЕЛЕНИЕ МЕТРОЛОГИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ

10.1 Определение абсолютной погрешности измерений электрической ёмкости

Для определения абсолютной погрешности измерений электрической ёмкости установками провести измерения произвольных значений электрической ёмкости, в пределах измеряемого установками диапазона. Для этого использовать вакуумный конденсатор переменной ёмкости КП1-8 и несколько слюдяных конденсаторов СГМ-1. Подключить вакуумный конденсатор вместо измерительной ячейки. Применяя последовательное и параллельное соединение конденсаторов СГМ-1 и КП1-8, добиться значений электрической ёмкости, равномерно распределённых по диапазону измерений установок.

Провести измерения устанавливаемых ёмкостей при помощи моста ёмкостного цифрового прецизионного АН2700А, затем при помощи поверяемых установок. Полученные значения электрической ёмкости записать в протокол и определить абсолютную погрешность измерения электрической ёмкости установками. Значения электрических ёмкостей, измеренные мостом АН2700А считать, как эталонные значения электрической ёмкости. Применяя значения электрической ёмкости, измеренные мостом АН2700А рассчитать пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений электрической ёмкости установками. Полученные значения пределов допускаемой абсолютной погрешности измерений электрической ёмкости записать в таблицу 5 протокола поверки. Измерения на установках проводить при испытательном напряжении переменного тока 200В.

Рассчитать абсолютную погрешность измерений электрической ёмкости установок по формуле 2.

10.2 Определение абсолютной погрешности измерений тангенса угла диэлектрических потерь

Для определения абсолютной погрешности измерений тангенса угла диэлектрических потерь установками:

– соединять последовательно вакуумный конденсатор переменной ёмкости КП1-8 и поочерёдно резисторы разных номинальных значений: 0,75; 1; 3; 6; 22,6, 47 МОм (Таблица 3. Вспомогательные технические средства) и измерить тангенс угла диэлектрических потерь мостом АН2700А и потом с помощью Установок. На дисплее установить испытательное напряжение 200В.

Полученные значения тангенса угла диэлектрических потерь записать в протокол поверки (таблица 6).

Рассчитать абсолютной погрешность измерений тангенса угла диэлектрических потерь установок по формуле 3.

10.3 Определение относительной погрешности измерений удельного электрического сопротивления постоянному току

Определение относительной погрешности измерений удельного электрического сопротивления проводить методом прямых измерений.

Измерить электрическую ёмкость чистой ячейки. Параллельно к испытываемой ячейке установок поочерёдно подключать эталонные меры электрического сопротивления: 5, 10, 50, 100, 1000, 5000, 10000, 100000 МОм. Провести измерения сопротивлений и рассчитать относительную погрешность по формуле 4. Измерения на установках проводить при испытательном напряжении постоянного тока 200В.

Удельное электрическое сопротивление ρ рассчитать по формуле (1) в точках диапазона:

$$\rho = 0,113C_0R, \text{ Ом}\cdot\text{м} \quad (1)$$

где 0,113 – коэффициент ГОСТ Р МЭК 60247-2013;

C_0 – ёмкость чистой ячейки, пФ;

R – значение эталонной меры электрического сопротивления (магазины сопротивлений), МОм.

10.4 Определение абсолютной погрешности измерений температуры

Абсолютную погрешность измерений температуры установками определить методом непосредственного сличения с эталонным термометром. Датчик температуры установок и эталонный термометр поместить в Термостат жидкостный «Термотест-100». Измерения провести при температурах 0°C, 25°C, 50°C, 75°C, 100°C. По полученным значениям рассчитать абсолютную погрешность измерений температуры установками.

11 ПОДТВЕРЖДЕНИЕ СООТВЕТСТВИЯ МЕТРОЛОГИЧЕСКИМ ТРЕБОВАНИЯМ

11.1 Определение абсолютной погрешности измерений электрической ёмкости.

Таблица 5 – Результаты определения абсолютной погрешности измерений электрической ёмкости.

№п /п	Измеренное значение электрической ёмкости мостом АН2700А, C_0 , пФ	Измеренное значение электрической ёмкости Установками, $C_{изм}$, пФ	Абсолютная погрешность измерений электрической ёмкости Установками, пФ	Пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений электрической ёмкости, пФ
1				±(0,01·Cx+0,5)
2				±(0,01·Cx+0,5)
3				±(0,01·Cx+0,5)
4				±(0,01·Cx+0,5)
5				±(0,01·Cx+0,5)
6				±(0,01·Cx+0,5)

Абсолютная погрешность измерений электрической ёмкости, определяется по формуле:

$$\Delta = C_{изм} - C_0, \text{ пФ} \quad (2)$$

где $C_{изм}$ – измеренное значение электрической ёмкости установками, пФ;

C_0 – измеренное значение электрической ёмкости мостом АН2700А, пФ

11.2 Определение абсолютной погрешности измерений тангенса угла диэлектрических потерь.

Таблица 6 – Результаты определения абсолютной погрешности измерений тангенса угла диэлектрических потерь.

№ п / п	Значение электрическ ой ёмкости вакуумного конденсатора КП1-8, пФ	Сопротив ление резисторо в R, МОм	Измеренное значение тангенса угла диэлектрических потерь мостом АН2700А, tg_x	Измеренное значение тангенса угла диэлектрических потерь установками, tg_0	Абсолютная погрешность измерений тангенса угла диэлектрических потерь установками, Δtg	Пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений тангенса угла диэлектрических потерь
1						$\pm(0,01 \cdot \text{tg}_x + 0,0001)$
2						$\pm(0,01 \cdot \text{tg}_x + 0,0001)$
3						$\pm(0,01 \cdot \text{tg}_x + 0,0001)$
4						$\pm(0,01 \cdot \text{tg}_x + 0,0001)$
5						$\pm(0,01 \cdot \text{tg}_x + 0,0001)$
6						$\pm(0,01 \cdot \text{tg}_x + 0,0001)$

По полученным значениям из Таблицы 6 по формуле (3) рассчитать абсолютную погрешность измерений тангенса угла диэлектрических потерь установками:

$$\Delta \text{tg} = \text{tg}_0 - \text{tg}_x, \quad (3)$$

где tg_0 – значение тангенса угла диэлектрических потерь измеренное установками;
 tg_x – значение тангенса угла диэлектрических потерь измеренное мостом АН2700А.

11.3 Определение относительной погрешности измерений удельного электрического сопротивления

Таблица 7 – Результаты определения относительной погрешности измерений удельного электрического сопротивления

Устанавливаемое сопротивление, МОм	Расчётное значение удельного электрического сопротивления, ρ , Ом·м	Измеренное значение удельного электрического сопротивления установками, R_x , Ом·м	Расчётное значение относительной погрешности измерений удельного электрического сопротивления, δr , %	Пределы допускаемой относительной погрешности измерений удельного электрического сопротивления, %
5				± 10
10				± 10
50				± 10
100				± 10
1000				± 10
5000				± 10
10000				± 10
100000				± 10

По измеренным и расчётным значениям Таблицы 7 по формуле (4) определить относительную погрешность измерений удельного электрического сопротивления установок:

$$\delta r = \frac{R_x - \rho}{\rho} \cdot 100\% \quad (4)$$

где R_x – значение удельного электрического сопротивления, измеренное установками, Ом·м;

ρ – значение удельного электрического сопротивления, рассчитанное по формуле (1).

11.4 Определение абсолютной погрешности измерений температуры

Таблица 8 – Результаты определения абсолютной погрешности измерений температуры установками

Измеряемое значение температуры, °C	Измеренное значение температуры, эталонным термометром, t_3 , °C	Измеренное значение температуры установками, $t_{изм}$, °C	Абсолютная погрешность измерений температуры установками, Δt , °C	Предел допускаемой абсолютной погрешности измерения температуры установками, °C
0				±0,5
25				±0,5
50				±0,5
75				±0,5
100				±0,5

Определить абсолютную погрешность измерений температуры

$$\Delta t = t_3 - t_{изм}, \text{°C} \quad (5)$$

где t_3 – значение температуры, измеренное эталонным термометром;

$t_{изм}$ – измеренное значение температуры установками.

Установки подтверждают соответствие метрологическим требованиям, если полученные значения абсолютной погрешности измерений электрической ёмкости, абсолютной погрешности измерений тангенса угла диэлектрических потерь, относительной погрешности измерений удельного электрического сопротивления, абсолютной погрешности измерений температуры не превышают пределы допускаемых погрешностей измерений, установленные при утверждении типа.

12. ОФОРМЛЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ПОВЕРКИ

12.1 Результаты поверки установок подтверждают сведения, включенные в Федеральный информационный фонд по обеспечению единства измерений в соответствии с порядком, установленным действующим законодательством.

12.2 После проведения поверки корпус установок пломбируется поверительной пломбой-наклейкой. Изображение знака поверки наносят в местах, указанных в описании типа.

12.3 По заявлению владельца установок, представившего их на поверку, положительные результаты поверки (соответствуют метрологическим характеристикам) оформляют свидетельством о поверке по форме, установленной в соответствии с действующим законодательством, и (или) нанесением на установки знака поверки, и (или) внесением записи в формуляр о проведенной поверке, заверяемой подписью поверителя и знаком поверки, с указанием даты поверки.

12.4 По заявлению владельца установки, при отрицательных результатах поверки (не соответствуют метрологическим характеристикам) оформляют извещение о непригодности к применению средства измерений по форме, установленной в соответствии с действующим законодательством, и (или) внесением записи в формуляр соответствующей записи.

12.5 Протоколы поверки установок оформляются с учётом таблиц 5, 6, 7, 8.

12.6 Поверка установок возможна только в полном объёме.

Начальник сектора отдела 3
Западно-Сибирского филиала
ФГУП «ВНИИФТРИ»

А.Ю.Батраков