

Федеральное государственное унитарное предприятие
Всероссийский научно-исследовательский институт
физико-технических и радиотехнических измерений
Восточно-Сибирский филиал

СОГЛАСОВАНО

И.о. директора Восточно-Сибирского
филиала ФГУП «ВНИИФТРИ»



 Г.И. Модестова

12 » 04 2022 г.

ГОСУДАРСТВЕННАЯ СИСТЕМА ОБЕСПЕЧЕНИЯ ЕДИНСТВА ИЗМЕРЕНИЙ

Установка для измерения радиотехнических характеристик
диэлектрических материалов
в диапазоне температур от 20 °С до 400 °С
ИРТХ-400

Методика поверки
МП 14/2022-01

Иркутск 2022

Содержание

Общие положения	3
1 Перечень операций поверки	3
2 Требования к условиям проведения поверки	4
3 Требования к специалистам, осуществляющим поверку	4
4 Требования по обеспечению безопасности проведения поверки	4
5 Метрологические и технические требования к средствам поверки	6
6 Внешний осмотр	6
7 Подготовка к поверке и опробование	6
8 Проверка программного обеспечения	7
9 Определение метрологических характеристик	7
9.1 Определение диэлектрических параметров и относительных погрешностей их измерений	7
9.2 Определение характеристик измерительного блока при нагреве без образца	8
9.3 Проверка диапазона рабочих температур образца	8
10 Подтверждение соответствия метрологическим требованиям	9
11 Оформление результатов поверки	9
Приложение 1 Рекомендуемая форма протокола поверки	10

Настоящая методика поверки применяется для поверки Установки для измерения радиотехнических характеристик диэлектрических материалов в диапазоне температур от 20 °С до 400 °С ИРТХ-400 (далее Установка ИРТХ-400) в качестве рабочего средства измерений в соответствии с ГОСТ Р.8.711-2013 ГСИ. Государственная поверочная схема для средств измерений комплексной диэлектрической проницаемости в диапазоне частот от 1 до 178,4 ГГц».

В результате поверки должны быть подтверждены следующие метрологические требования к Установка ИРТХ-400, приведенные в таблице 1.

Таблица 2 - Метрологические требования к Установка ИРТХ-400

Наименование характеристики	Значение
Рабочая частота, ГГц, фиксированная в диапазоне	от 8 до 12
Диапазон измеряемых значений:	
- относительной диэлектрической проницаемости (ϵ)	от 2 до 10
- тангенса угла диэлектрических потерь ($\text{tg}\delta$)	от $1 \cdot 10^{-4}$ до $5 \cdot 10^{-2}$
Доверительные границы относительной погрешности измерения:	
- относительной диэлектрической проницаемости (δ_ϵ)	$\pm 2 \%$
- тангенса угла диэлектрических потерь (δ_{tg})	$\pm 20 \%$

При определении метрологических характеристик в рамках проводимой поверки обеспечивается передача единицы комплексной диэлектрической проницаемости в соответствии с государственной поверочной схемой ГОСТ Р.8.711-2013, подтверждающая прослеживаемость к государственному первичному эталону ГЭТ 110-2012.

При определении метрологических характеристик поверяемой Установки ИРТХ-400 используется метод непосредственного сравнения результата измерения диэлектрических параметров, полученных на Установка ИРТХ-400, со значениями этих параметров, определенных государственным первичным эталоном ГЭТ 110-2012.

1 Перечень операций поверки

1.1 Для поверки Установка ИРТХ-400 должны быть выполнены операции, указанные в таблице 2. Первичной поверке Установка ИРТХ-400 подлежит до ввода ее в эксплуатацию и после ремонта. В процессе эксплуатации Установка подлежит периодической поверке. Периодическую поверку проводят также при вводе в эксплуатацию после длительного хранения (более одного интервала между поверками).

Таблица 2 – Перечень операций поверки

Наименование операции	Номер пункта МП	Обязательность выполнения операций при поверке	
		первичной	периодической
Контроль условий	2	да	да
Внешний осмотр	6	да	да
Подготовка к поверке и опробование	7	да	да
Проверка соответствия программного обеспечения	8	да	да
Определение метрологических характеристик:	9	да	да
- определение диэлектрических параметров и относительных погрешностей их измерений;	9.1	да	да

- определение характеристик измерительного блока при нагреве без образца;	9.2	да	да
- проверка диапазона рабочих температур образца	9.3	да	да
Подтверждение соответствия метрологическим требованиям	10	да	да

Допускается проведение поверки в ограниченном диапазоне измерений на основании письменного заявления владельца Установки ИРТХ-400 или другого лица, представившего ее на периодическую поверку или первичную поверку после ремонта.

Информация об объеме проведенной поверки передается в Федеральный информационный фонд по обеспечению единства измерений в соответствии с Приказом Министерства промышленности и торговли РФ от 31 июля 2020 года № 2510.

1.2 При получении отрицательных результатов при проведении любой из указанных операций поверку прекращают.

2 Требования к условиям проведения поверки

Поверку установки проводят при нормальных условиях окружающей среды, приведенных в таблице 3.

Таблица 3 – Требования к условиям проведения поверки

Температура окружающего воздуха, °С	от 15 до 25
Относительная влажность воздуха, %	от 20 до 80
Атмосферное давление, мм рт. ст.	от 630 до 800
Напряжение питающей сети, В	220 ± 22
Частота питающей сети, Гц	50 ± 1
Вибрация, удары	отсутствуют
Не допускается на рабочем месте при поверке нахождения мобильных телефонов, роутеров и других радиопередающих устройств	

3 Требования к специалистам, осуществляющим поверку

К поверке Установки ИРТХ-400 допускают только специалистов, аттестованных в качестве поверителей средств измерений радиотехнических величин, ознакомившихся с Руководством по эксплуатации Установки ИРТХ-400, технической документацией на анализатор Р2М-18 и владеющих навыками работы с персональным компьютером.

4 Требования по обеспечению безопасности проведения поверки

При поверке Установки необходимо соблюдать правила безопасности при эксплуатации электроустановок.

Вилки сетевых кабелей анализатора Р2М-18, ПКУ-11 и измерительного блока подключают к стационарным розеткам 220В/50Гц с контактами защитного заземления.

При сборке измерительной схемы не допускают перегибов соединительных кабелей и сетевых шнуров.

ЗАПРЕЩАЕТСЯ производить изменения схемы измерения при включенной СВЧ мощности анализатора Р2М-18 и включенном измерительном блоке.

ВНИМАНИЕ! Перед извлечением кассеты из резонатора необходимо убедиться в том, что температура резонатора не превышает 50 °С.

5 Метрологические и технические требования к средствам поверки

При проведении поверки применяют технические средства с метрологическими и техническими характеристиками, приведенными в таблице 4.

Таблица 4 – Средства поверки

Операции поверки, требующие средств поверки	Требования к средствам поверки, необходимым для проведения поверки	Перечень рекомендуемых средств поверки
п.2 Контроль условий поверки	Средства измерения температуры окружающей среды в диапазоне от 15 °С до 25 °С с абсолютной погрешностью не более 1 °С Средства измерения относительной влажности воздуха в диапазоне от 10 % до 90 % с погрешностью не более 2 % Средства измерения атмосферного давления в диапазоне от 650 до 800 мм рт. ст. Средства измерений напряжения питающей сети в диапазоне от 145 до 250 В с относительной погрешностью не более 1 % Средства измерений частоты питающей сети в диапазоне от 45 до 55 Гц с абсолютной погрешностью не более 0,1 Гц	Измеритель влажности и температуры ИВТМ-7М, Рег. № 15500-12 Мультиметр цифровой Agilent 34401A, Рег. № 54848-13,
п.9 Определение метрологических характеристик	Измеритель частоты в диапазоне от 8 до 12 ГГц с относительной погрешностью δ_f не более $1 \cdot 10^{-5}$	Анализатор цепей скалярный Р2М-18, диапазон частот от 10 МГц до 18 ГГц, $\delta f \pm 5 \cdot 10^{-6}$ Рег. № 52797-13
п 9.1 Определение диэлектрических параметров (ϵ , $\text{tg}\delta$) и относительных погрешностей их измерений (δ_ϵ , δ_{tg})	Эталоны единиц комплексной диэлектрической проницаемости, соответствующие требованиям к эталонам 1 разряда по ГОСТ Р 8.711-2013 в диапазоне значений: - относительной диэлектрической проницаемости от 2 до 10 с относительной погрешностью не более 0,6 %; - тангенса угла диэлектрических потерь от $1 \cdot 10^{-4}$ до $5 \cdot 10^{-2}$ с относительной погрешностью не более 20 %;	Государственные стандартные образцы ГСО 1683-79 ϵ от 2,24 до 2,32 $\delta_\epsilon \pm 0,6 \%$; ГСО 1555-79 ϵ от 3,78 до 3,84 $\delta_\epsilon \pm 0,5 \%$; ГСО 7972-2001 ϵ от 6,20 до 6,40, $\delta_\epsilon \pm 0,6 \%$, $\text{tg}\delta$ от $6 \cdot 10^{-3}$ до $5 \cdot 10^{-2}$, $\delta_{\text{tg}} \pm 10 \%$; ГСО 5090-89 ϵ от 8,60 до 10,30, $\delta_\epsilon \pm 0,5 \%$, $\text{tg}\delta$ от $5 \cdot 10^{-5}$ до $1 \cdot 10^{-3}$, $\delta_{\text{tg}} \pm 15 \%$

п. 9.2 Определение характеристик измерительного блока при нагреве без образца	Средства измерения температуры в диапазоне от 0 °С до 500 °С с абсолютной погрешностью не более 2 % с преобразователем термоэлектрическим.	Измеритель-регулятор микропроцессорный ТРМ210-Щ1. Рег. № 32478-11
п.9.3 Проверка диапазона рабочих температур образца	Образец из термостойкого материала	Преобразователь термоэлектрический серии ТХА(К) 9419-25 Рег. № 18093-99 Имитатор образца из материала ТСПК или СТМ

Возможно применение средств поверки с метрологическими и техническими характеристиками, обеспечивающими требуемую точность передачи единиц величин поверяемому средству измерений.

6 Внешний осмотр

6.1 Комплект Установки ИРТХ-400 должен соответствовать указанному в паспорте. Установка ИРТХ-400 состоит из:

- измерительного блока с встроенным измерителем-регулятором температуры;
- анализатора цепей скалярного Р2М-18 (далее анализатор Р2М-18);
- устройства управления и отображения информации ПКУ-11(далее ПКУ-11).

6.2 Корпуса приборов и элементов установки, разъемы и соединительные кабели не должны иметь повреждений, резьбовые соединения должны быть исправны.

6.3 Анализатор Р2М-18 должен иметь действующее свидетельство о поверке и/или запись в формуляре, заверенную подписью лица, проводившего поверку, и знаком поверки.

7 Подготовка к поверке и опробование

7.1 Подготовка к поверке

7.1.1 Проверяют условия окружающей среды и параметры питающей сети. Они должны соответствовать требованиям п.2 настоящей методики.

7.1.1 Анализатор Р2М-18 подготавливают к работе в соответствии с указаниями его руководства по эксплуатации, включают и прогревают в течении 15 минут. На ПКУ-11 запускают программу «Graphit Р2М», поставляемую в комплекте с анализатором Р2М-18.

7.1.2 Проводят калибровку анализатора Р2М-18 по коэффициенту передачи в соответствии с его руководством по эксплуатации. Рекомендуемые параметры калибровки приведены в таблице 4.

Таблица 4 - Параметры калибровки

Диапазон частот	8100 - 9100МГц	Опорный уровень	0
Число точек	1500	Масштаб	3
Уровень мощности	10 дБм	Позиция	8
		Степень усреднения	2 - 4

По окончании калибровки на экране ПКУ-11 должна наблюдаться прямая линия на уровне 0 дБ. Анализатор Р2М-18 готов к измерениям.

Присоединяют кабель СВЧ и детекторную головку анализатора Р2М-18 к СВЧ-разъемам на задней панели измерительного блока. Блок измерительный включают в сеть. Тумблер включения сети измерительного блока в положении «0» (выключен), при этом температура измерительного блока соответствует комнатной.

7.2 Опробование

Опробование проводится с целью проверки функционирования Установки ИРТХ-400. Нормальное функционирование анализатора Р2М-18 проверяют при проведении калибровки по коэффициенту передачи (п.7.1)

На измерительном блоке проверяют срабатывание органов управления и регулировки:

- тумблер питания измерительного блока должен переключаться без заеданий, фиксироваться в крайних положениях;
- при нажатии кнопок панели управления измерителя-регулятора температуры ТРМ-210 должен ощущаться тактильный эффект;
- на измерительном блоке привод кассеты для установки исследуемого образца должен выдвигаться без заеданий, фиксироваться в крайних положениях.

8 Проверка программного обеспечения (ПО)

Для идентификации ПО на ПКУ-11 необходимо открыть окно с программой «Расчет РТХ 03-2020» и убедиться в том, что версия ПО соответствует версии, указанной в описании типа: 03-2020.

В окне программы задать:

в разделе Дата и условия измерения в лаборатории

- температура T (град. С) $T:=20$;
- влажность воздуха F_i (%) $F_i:=40$;
- давление P (мм рт.ст.) $P:=720$

в разделе 1. Параметры пустого резонатора и образца при комнатной температуре

- Резонансная частота пустого резонатора, ГГц $f_0:=9.051$
- Собственная добротность пустого резонатора $Q_0:=30000$
- Толщина образца, мм $t:=2.5$

в разделе 2. Параметры при нагреве

- Температура нагрева τ при измерении, град. С $\tau:=20$
- Резонансная частота резонатора с образцом, ГГц $f_\varepsilon:=9.033$
- Собственная добротность резонатора с образцом $Q_\varepsilon:=10000$

В нижней строке окна программы должны высветиться значения результатов расчетов:

Значение ε должно быть: « $\varepsilon = 3,61$ »,

Значение $tg\delta$ должно быть: « $tg\delta = 7,0 \times 10^{-3}$ ».

Идентификация и проверка ПО считается положительной, если номер версии 03-2020, а рассчитанные значения ε и $tg\delta$ соответствуют указанным в пункте 8

9 Определение метрологических характеристики

9.1 Определение диэлектрических параметров (ε , $tg\delta$) и относительных погрешностей их измерений (δ_ε , δ_{tg})

Измерения проводят только при комнатной температуре (от 15 °С до 25 °С). Тумблер включения сети измерительного блока должен быть в положении «0», при этом температура соответствует комнатной, а нагрев выключен.

9.1.1 Кассету без образца вводят в резонатор и измеряют резонансную частоту f_0 и собственную добротность Q_0 резонатора без образца. Полученные значения должны соответствовать указанным в паспорте на Установку ИРТХ-400. Измеренные значения вносят в программу «Расчет РТХ 03-2020».

9.1.2 Устанавливают в кассету образец ГСО 1683-79 (меру) и вводят кассету с образцом в резонатор. Измеряют резонансную частоту f_ε и собственную добротность Q_ε резонатора с образцом. Измеренные значения и толщину образца t вносят в программу «Расчет РТХ 03-2020» и рассчитывают относительную диэлектрическую проницаемость ε и тангенс угла диэлектрических потерь $tg\delta$ для ГСО 1683-79

Переустанавливая образец в кассете, повторяют измерения не менее трех раз. За результат измерений $\varepsilon_{изм}$ и $tg\delta_{изм}$ принимают средние арифметические значения.

9.1.3 Рассчитывают относительные погрешности измерений относительной диэлектрической проницаемости δ_ϵ и тангенса угла диэлектрических потерь δ_{tg} по формулам

$$\delta_\epsilon = \frac{\epsilon_{изм} - \epsilon_{амт}}{\epsilon_{амт}} \cdot 100, \%,$$

$$\delta_{tg} = \frac{tg\delta_{изм} - tg\delta_{амт}}{tg\delta_{амт}} \cdot 100, \%;$$

где:

$\epsilon_{изм}$, $tg\delta_{изм}$ — средние значения относительной диэлектрической проницаемости и тангенса угла диэлектрических потерь, измеренных на Установке ИРТХ-400;

$\epsilon_{амт}$, $tg\delta_{амт}$ — значения относительной диэлектрической проницаемости и тангенса угла диэлектрических потерь образца, полученные на государственном первичном эталоне ГЭТ 110-2012.

9.1.4 Повторяют процедуру измерений (п.п. 9.1.2 и 9.1.3) с образцами (мерами) диэлектрической проницаемости ГСО 1555-79, ГСО 7972-2011 и ГСО 5090-89.

9.1.5 Относительные погрешности измерений не должны превышать:

± 2 по относительной диэлектрической проницаемости;

$\pm 20 \%$ по тангенсу угла диэлектрических потерь.

9.2 Определение характеристик измерительного блока при нагреве без образца

ВНИМАНИЕ! Перед началом измерений с нагревом необходимо убедиться в отсутствии образца в кассете резонатора.

9.2.1 Вводят кассету без образца в измерительный блок, тумблер включения сети в положении «1» - блок включен, и на панели регулятора ТРМ 210 измерительного блока задают температуру нагрева 200°C .

Дождавшись выравнивания заданной температуры (на зеленом табло) и текущей температуры (на красном табло) регулятора ТРМ 210 в пределах $\pm (0,1 \dots 0,2)^\circ\text{C}$ в течение 2-3 минут, измеряют резонансную частоту f_0 и собственную добротность Q_0 резонатора при данной температуре.

9.2.2 Повторяют измерения при температуре 400°C .

Полученные значения резонансной частоты и собственной добротности резонатора должны находиться в пределах, указанных в паспорте Установки иртх-400 для каждой температуры.

9.3 Проверка диапазона рабочих температур образца

9.3.1 Для проверки диапазона рабочих температур образца в кассету устанавливают имитатор образца из термостойкого материала ТСПК (рисунок 1).

Имитатор образца устанавливают в кассету таким образом, чтобы радиальная прорезь в диэлектрическом диске имитатора была соосна с отверстием в кассете для образца со стороны задней панели измерительного блока (рисунок 2).

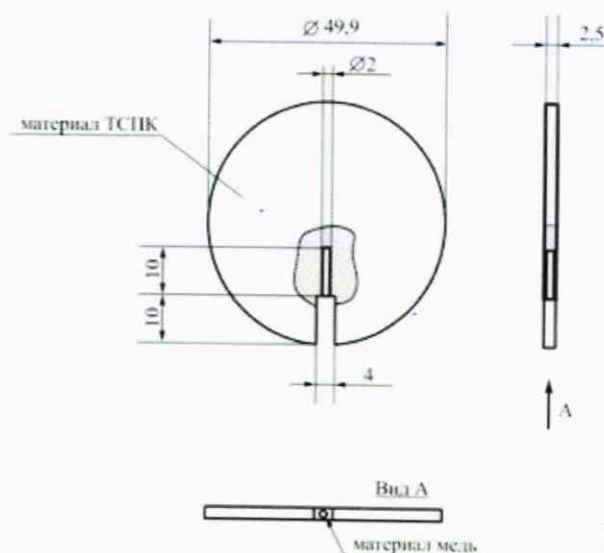


Рисунок 1- Имитатор образца

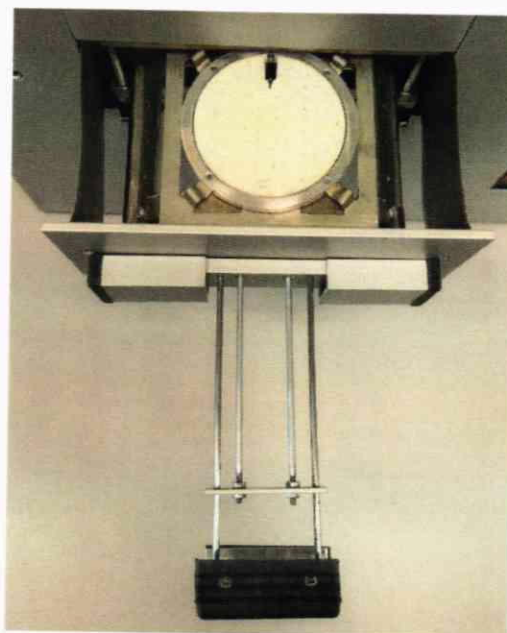


Рисунок 2 – Имитатор образца в кассете

Вдвигают кассету с имитатором образца и через отверстие «внешний термопреобразователь» на задней панели измерительного блока вводят до упора внешний термоэлектрический преобразователь с диаметром не более 3 мм и измерительной частью диаметром не более 1,5 мм, длиной не менее 20 мм.

9.3.2. Подключают преобразователь термоэлектрический к внешнему контрольному измерителю-регулятору ТРМ 210(к), который будет отображать температуру имитатора образца.

9.3.3 Включают измерительный блок, на красном табло встроенного в блок регулятора ТРМ 210 должна высветиться температура имитатора образца, близкая к температуре воздуха в лаборатории.

9.3.4 В измерительном блоке на панели встроенного ТРМ 210 задают температуру 200 °С и включают нагрев. Когда текущая (на красном табло) температура сравнивается с заданной (на зеленом табло) в пределах $\pm (0,1...0,2) ^\circ\text{C}$ в течение 2-3 минут, имитатор считается нагретым. Наблюдая в течении 10 минут за показаниями контрольного ТРМ210(к) определяют

наибольшее отклонение температуры имитатора образца в измерительном блоке от заданной на зеленом табло встроенного ТРМ 210. Повторяют операцию п. 9.3.4, задав температуру нагрева 400 °С

9.3.5 Разность значений заданной (на зеленом табло) температуры по встроенному регулятору ТРМ 210 и температуры по внешнему ТРМ 210(к) не должна превышать ± 4 °С.

10 Подтверждение соответствия метрологическим требованиям

Анализируя полученные метрологические характеристики определяют соответствие Установки ИРТХ-400 требованиям Технических условий УБЖК.410114.001 ТУ «Установка для измерения радиотехнических характеристик диэлектрических материалов в диапазоне температур от 20 °С до 400 °С ИРТХ-400. Технические условия».

11 Оформление результатов поверки

Результаты операций по поверке Установки ИРТХ-400 заносят в протокол поверки. Протокол оформляется в виде самостоятельного документа, рекомендуемая форма которого приведена в Приложении 1. Протокол поверки выдается по письменному заявлению владельца Установки ИРТХ-400 или лица, представившего его на поверку.

Положительные результаты поверки удостоверяют знаком поверки в виде наклейки в верхней части боковой панели измерительного блока. В паспорте Установки делают запись о результатах поверки, заверенную подписью лица, проводившего поверку.

Сведения о результатах поверки Установки ИРТХ-400 с целью подтверждения поверки передаются в Федеральный информационный фонд по обеспечению единства измерений в установленные сроки и в соответствии с Приказом Министерства промышленности и торговли РФ от 31 июля 2020 года № 2510 «Об утверждении порядка проведения поверки средств измерений, требований к знаку поверки и содержанию свидетельства о поверке».

При проведении поверки в ограниченном диапазоне измерений, информация об объеме проведенной поверки передается в Федеральный информационный фонд по обеспечению единства измерений в соответствии с Приказом Министерства промышленности и торговли РФ от 31 июля 2020 года № 2510.

Приложение 1
(рекомендуемое)

Протокол поверки № _____ от XX.XX.202_ года

Вид поверки	первичная / периодическая		
Период проведения поверки (даты)	с _____ по _____		
Номер заявки/вх. № письма/№ договора	договор № 14/2022/XXX от _____ 202_ г.		
Владелец СИ	АО «ММЗ «АВАНГАРД», г. Москва		
Место выполнения работы (адрес, корпус)	АО «ММЗ «АВАНГАРД», г. Москва, ул. Клары Цеткин, д. 33		
Наименование, тип (модификация) средства измерений, регистрационный номер в ФИФ	Установка для измерения радиотехнических характеристик диэлектрических материалов в диапазоне температур от 20 °С до 400 °С ИРХТ-400 № 03-2020 Регистрационный № _____		
В составе	-Анализатор цепей скалярный Р2М-18А (модификация Р2М-18А/1) № _____ с устройством управления и отображения информации ПКУ-11. -Блок измерительный ИРХТ-400 № 03-2020		
Отметка о поверке в сокращенном объеме			
Номер знака предыдущей поверки		Год выпуска СИ	2020
Заводской (серийный) номер	03-2020		
Номер и наименование методики поверки	Установка для измерения радиотехнических характеристик диэлектрических материалов в диапазоне температур от 20 °С до 400 °С ИРХТ-400. Методика поверки. МП 14/2022-01		

Условия проведения операций поверки:	нормируемые	текущие	ед. изм.
Температура окружающей среды	от 15 до 25	от _____ до _____	°С
Относительная влажность воздуха	от 20 до 80	от _____ до _____	%
Атмосферное давление	от 630 до 800	от _____ до _____	мм рт. ст.
Напряжение питающей сети	от 198 до 242		В
Частота питающей сети	от 49 до 51		Гц

1. Средства поверки

Наименование, тип	Метрологические характеристики	Свидетельство о поверке/сертификат калибровки/аттестат, паспорт №, дата
ГСО 1683-79 Полиэтилен высокого давления 2,5 мм	$\varepsilon = 2,28$, $\delta_\varepsilon \pm 0,5 \%$ $\text{tg}\delta = 1,2 \cdot 10^{-3}$, $\delta_{\text{tg}\delta} \pm 10 \%$	Паспорт № 1421/110-ИРХТ до 17 ноября 2022 г
ГСО 1555-79 Стекло кварцевое опт. марки КВ 2,3 мм	$\varepsilon = 3,80$, $\delta_\varepsilon \pm 0,5 \%$ $\text{tg}\delta = 1,2 \cdot 10^{-4}$, $\delta_{\text{tg}\delta} \pm 15 \%$	Паспорт № 1421/110-ИРХТ до 17 ноября 2022 г.

ГСО 2004-80 Керамика корундовая 2,5 мм	$\varepsilon = 9,46$, $\delta_\varepsilon \pm 0,5 \%$ $\operatorname{tg}\delta = 0,8 \cdot 10^{-4}$, $\delta_{\operatorname{tg}\delta} \pm 20 \%$	Паспорт № 1421/110-ИРТХ до 17 ноября 2022 г
Измеритель-регулятор микропроцессорный ТРМ210-Ц1.ТР	Диапазон измерений от 0 °С до 1750 °С, ПГ $\pm 0,5 \%$	Свидетельство о поверке С-ГМД/23-10-2021/106758117 до 22.10.2024
Преобразователь термо- электрический серии ТХА(К)	диам 2,5 мм; длина погр. части 250 мм; диапазон от минус 40 °С до плюс 1000 °С;	длиной до 500 мм первичная поверка в паспорте при выпуске

2 Результаты поверки

2.1 Внешний осмотр

комплектность (соответствие формуляру/паспорту)	соответствует паспорту
повреждения (наличие/отсутствие)	отсутствуют
Анализатор цепей скалярный Р2М-18А (модификация Р2М-18А/1) № _____, Регистрационный № 52797-13	Свидетельство о поверке № _____, действительно до _____

2.2 Опробование

2.2.1 Проверка диапазона рабочих частот

Рабочая частота по паспорту (9,051 ГГц) - фиксированная в диапазоне 8 - 12 ГГц

Средство измерения – анализатор цепей скалярный Р2М-18А/1, № _____,

Таблица 1 - Спектр резонансных частот установки ИРТХ-400 (№ 03-2020)

Тип колебаний	Резонансная частота, ГГц / собственная добротность		
	2021 год	2022 год	2023 год
Условия	20,1 С 50% 750		
H ₀₁₁			
H ₀₁₂			
H ₀₁₃ рабочая частота			
H ₀₁₄			
H ₀₁₅			
H ₀₁₆			

Вывод – диапазон частот измерительного блока от 8 до 12 ГГц.

2.2.2 Проверка диапазона рабочих температур

Таблица 2 – Диапазон рабочих температур

№ изм.	Показания ТРМ210 контрольного, °С	Показания измерительного блока, °С (заданное значение)	Отклонения температуры от заданного значения, °С	Допустимое отклонение, °С
1				±4
2				
3				
4				

Вывод – диапазон частот соответствует паспорту, отклонение от установленной температуры не превышает допустимого.

2.3 Идентификация программного обеспечения (ПО)

Версия ПО *соответствует* версии, указанной в описании типа «Расчет РТХ версия 2020», тестовый пример дал положительный результат (скрин программы).

03-

Расчет РТХ, версия 03-2020

Программа расчета диэлектрических параметров по измерениям на установке ИРТХ-400

Дата и условия измерения в лаборатории:
 температура T (град. С), влажность воздуха F_i (%), давление P (мм рт.ст.)

23.09.2020 $T := 20$ $F_i := 40$ $P := 720$

1. Экспериментальные параметры пустого резонатора и образца при комнатной температуре

Резонансная частота пустого резонатора, ГГц $f_0 := 9.051$
 Собственная добротность пустого резонатора $Q_0 := 30000$
 Толщина образца, мм $t := 2.5$

2. Экспериментальные параметры при нагреве

Температура нагрева t при измерении, град. С $t := 20.0$
 Резонансная частота резонатора с образцом, ГГц $f_{\epsilon} := 9.033$
 Собственная добротность резонатора с образцом $Q_{\epsilon} := 10000$

Значение ϵ Значение $\text{tg}\delta$

$\epsilon = 3.61$ $\text{tg}\delta = 7.0 \times 10^{-3}$

2.4 Определение метрологических характеристик

2.4.1 Определение рабочей частоты

Рабочая частота $f_0 =$ _____ ГГц

Добротность $Q_{00} =$ _____

2.4.2 Определение погрешностей измерений относительной диэлектрической проницаемости и тангенса угла диэлектрических потерь ГСО

Таблица 3 – Результаты измерений

ГСО материал, толщина	Аттестованные характеристики ГСО	Измеренные значения (3 измерения)	Средние значения	Относительные погрешности измерений, %
ГСО 1683-79 Полиэтилен высокого давления 2,5 мм	ϵ			
	$\text{tg}\delta$			
ГСО 1555-79 Стекло кварцевое оптическое марки КВ 2,5 мм	ϵ			
	$\text{tg}\delta$			
ГСО 2004-80 Керамика корундовая 2,5 мм	ϵ			
	$\text{tg}\delta$			

Вывод Относительные погрешности измерений не превышают указанных в паспорте:
 $\pm 2\%$ по ϵ ; $\pm 20\%$ по $\text{tg}\delta$.

2.4.3 Дополнительно (при наличии набора СО) Определение погрешностей измерений относительной диэлектрической проницаемости и тангенса угла диэлектрических потерь СО набора №

Таблица 4 – Результаты измерений

СО. материал, толщина	Аттестованные характеристики СО		Измеренные значения	Отн. погрешности измерений, %
	ϵ			
	$\text{tg}\delta$			
	ϵ			
	$\text{tg}\delta$			
	ϵ			
	$\text{tg}\delta$			
	ϵ			
	$\text{tg}\delta$			

Вывод Относительные погрешности измерений не превышают указанных в паспорте:
 $\pm 2\%$ по ϵ ; $\pm 20\%$ по $\text{tg}\delta$.

2.4.4 Определение характеристик резонатора без образца при нагреве

Температура нагрева, °С	Резонансная частота, МГц		Добротность	
	измеренное значение	допускаемые значения	измеренное значение	допускаемые значения, не менее
200				
400				

2.4.5 Определение времени нагрева образца до 400 °С и измерения диэлектрических параметров при 400 °С

Время нагрева ____ минут, время измерения ____ минут

Вывод: метрологические характеристики Установки ИРТХ-400 № 03-2020 соответствуют приведенным в паспорте на установку УБЖК. 410114.003ПС

Установка годна к применению до ____ 202__ года.

Поверку провел,

Должность

Подпись

Инициалы, фамилия