

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

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 Установке ИРТХ-400, приведенные в таблице 1.

Таблица 2 - Метрологические требования к Установке 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 Установке ИРТХ-400, со значениями этих параметров, определенных государственным первичным эталоном ГЭТ 110-2012.

1 Перечень операций поверки

1.1 Для поверки Установки ИРТХ-400 должны быть выполнены операции, указанные в таблице 2. Первичной поверке Установки ИРТХ-400 подлежит до ввода ее в эксплуатацию и после ремонта. В процессе эксплуатации Установки 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	<p>Средства измерения температуры окружающей среды в диапазоне от 15 °С до 25 °С с абсолютной погрешностью не более 1 °С</p> <p>Средства измерения относительной влажности воздуха в диапазоне от 10 % до 90 % с погрешностью не более 2 %</p> <p>Средства измерения атмосферного давления в диапазоне от 650 до 800 мм рт. ст.</p> <p>Средства измерений напряжения питающей сети в диапазоне от 145 до 250 В с относительной погрешностью не более 1 %</p> <p>Средства измерений частоты питающей сети в диапазоне от 45 до 55 Гц с абсолютной погрешностью не более 0,1 Гц</p>	<p>Измеритель влажности и температуры ИВТМ-7М, Рег. № 15500-12</p> <p>Мультиметр цифровой Agilent 34401А, Рег. № 54848-13,</p>
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 , $tg\delta$) и относительных погрешностей их измерений (δ_ϵ , δ_{tg})	<p>Эталоны единиц комплексной диэлектрической проницаемости, соответствующие требованиям к эталонам 1 разряда по ГОСТ Р 8.711-2013 в диапазоне значений:</p> <ul style="list-style-type: none"> - 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 %; 	<p>Государственные стандартные образцы</p> <p>ГСО 1683-79 ϵ от 2,24 до 2,32 $\delta_\epsilon \pm 0,6 \%$;</p> <p>ГСО 1555-79 ϵ от 3,78 до 3,84 $\delta_\epsilon \pm 0,5 \%$;</p> <p>ГСО 7972-2001 ϵ от 6,20 до 6,40, $\delta_\epsilon \pm 0,6 \%$, $tg\delta$ от $6 \cdot 10^{-3}$ до $5 \cdot 10^{-2}$, $\delta_{tg} \pm 10 \%$;</p> <p>ГСО 5090-89 ϵ от 8,60 до 10,30, $\delta_\epsilon \pm 0,5 \%$, $tg\delta$ от $5 \cdot 10^{-5}$ до $1 \cdot 10^{-3}$, $\delta_{tg} \pm 15 \%$</p>

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 , $\delta_{tg\delta}$)

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

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

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

где:

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

$\epsilon_{амм}, \text{tg}\delta_{амм}$ — 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;

± 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 °С.

Дождавшись выравнивания заданной температуры (на зеленом табло) и текущей температуры (на красном табло) регулятора ТРМ 210 в пределах ± (0,1...0,2) °С 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 °С.

Полученные значения резонансной частоты и собственной добротности резонатора должны находиться в пределах, указанных в паспорте Установки ирпх-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).

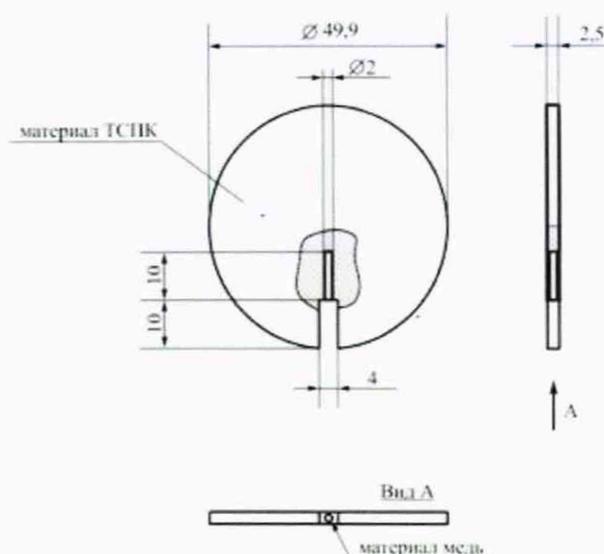


Рисунок 1- Имитатор образца

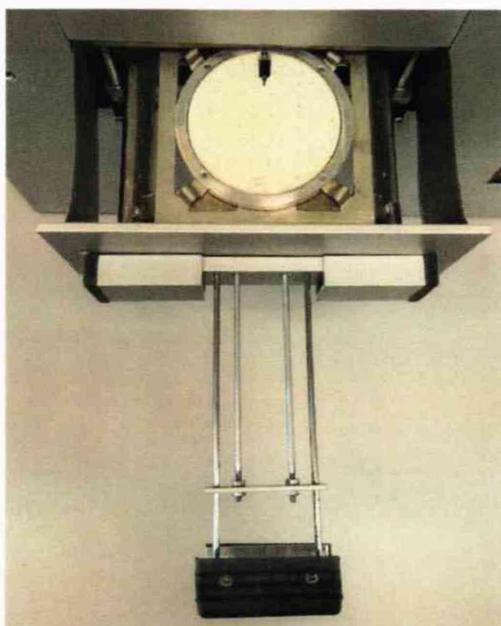


Рисунок 2 – Имитатор образца в кассете

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 сравняется с заданной (на зеленом табло) в пределах $\pm (0,1 \dots 0,2) \text{ } ^\circ\text{C}$ 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	<i>первичная / периодическая</i>		
Период проведения поверки (даты)	<i>с по</i>		
Номер заявки/вх. № письма/№ договора	<i>договор № 14/2022/XXX от 202 г.</i>		
Владелец СИ	<i>АО «ММЗ «АВАНГАРД», г. Москва</i>		
Место выполнения работы (адрес, корпус)	<i>АО «ММЗ «АВАНГАРД», г. Москва, ул. Клары Цеткин, д. 33</i>		
Наименование, тип (модификация) средства измерений, регистрационный номер в ФИФ	<i>Установка для измерения радиотехнических характеристик диэлектрических материалов в диапазоне температур от 20 °С до 400 °С ИРХТ-400 № 03-2020 Регистрационный № _____</i>		
В составе	<i>-Анализатор цепей скалярный Р2М-18А (модификация Р2М-18А/1) № _____ с устройством управления и отображения информации ПКУ-11. -Блок измерительный ИРХТ-400 № 03-2020</i>		
Отметка о поверке в сокращенном объеме			
Номер знака предыдущей поверки		Год выпуска СИ	<i>2020</i>
Заводской (серийный) номер	<i>03-2020</i>		
Номер и наименование методики поверки	<i>Установка для измерения радиотехнических характеристик диэлектрических материалов в диапазоне температур от 20 °С до 400 °С ИРХТ-400. Методика поверки. МП 14/2022-01</i>		

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-Щ1.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 03-2020», 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 Fi (%), давление P (мм рт.ст.)	
23.09.2020	T := 20 Fi := 40 P := 720
1. Экспериментальные параметры пустого резонатора и образца при комнатной температуре	
Резонансная частота пустого резонатора, ГГц	f0 := 9.051
Собственная добротность пустого резонатора	Q0 := 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	fε := 9.033
Собственная добротность резонатора с образцом	Qε := 10000
	Значение ε
	Значение tgδ
	ε = 3.61
	tgδ = 7.0 × 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			
	tgδ			
ГСО 1555-79 Стекло кварцевое оптическое марки КВ 2,5 мм	ε			
	tgδ			
ГСО 2004-80 Керамика корундовая 2,5 мм	ε			
	tgδ			

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			
	$\text{tg}\delta$			
	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