

Утвержден

УБЖК.410114.001РЭ-ЛУ

УСТАНОВКА ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ РАДИОТЕХНИЧЕСКИХ
ХАРАКТЕРИСТИК ДИЭЛЕКТРИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ
В ДИАПАЗОНЕ ТЕМПЕРАТУР ОТ 20 ДО 400 °С
ИРТХ-400

Руководство по эксплуатации

УБЖК.410114.001РЭ

Предприятие-изготовитель:	ВС филиал ФГУП «ВНИИФТРИ»
Адрес:	664056, г. Иркутск, ул. Бородина, 57
Телефон:	(3952) 46-80-40
Тел/факс:	(3952) 46-38-00
E-mail:	dep14@niiftri.irk.ru
Сайт:	http:// www.niiftri.irk.ru

Иркутск 2017

Содержание

Руководство по эксплуатации. Общие сведения	3
1 Нормативные ссылки	4
2 Требования безопасности	4
3 Описание и работа	4
3.1 Наименование и обозначение	4
3.2 Назначение и область применения	5
3.3 Условия эксплуатации	5
3.4 Комплектность	6
3.5 Технические характеристики	6
3.6 Описание органов управления и индикации	7
3.7 Устройство и работа	9
4 Подготовка к работе	11
5 Порядок работы	13
5.1 Измерения при комнатной температуре	13
5.2 Измерения в диапазоне температур до 400 °С	16
5.3 Окончание работы	17
6 Поверка установки	18
7 Техническое обслуживание	18
8 Текущий ремонт	18
9 Хранение, транспортирование, упаковка	18
9.1 Хранение	18
9.2 Транспортирование	18
9.3 Упаковка	18
10 Маркировка и пломбирование	19
10.1 Маркировка	19
10.2 Пломбирование	19
11 Срок службы, хранения и гарантии изготовителя	20
12 Утилизация	20
Приложение А (обязательное) – Методика поверки	21
Приложение Б (справочное) – Протокол поверки	29

Установки для измерения радиотехнических характеристик диэлектрических материалов в диапазоне температур от 20 до 400 °С ИРТХ-400 (далее Установка) выпускается по техническим условиям УБЖК.410114.001 ТУ.

Настоящее руководство по эксплуатации (РЭ) предназначено для ознакомления с принципом работы, устройством и конструкцией, правилами использования, транспортирования и хранения Установки с целью ее правильной эксплуатации.

Перед началом эксплуатации Установки необходимо ознакомиться с настоящим руководством по эксплуатации.

Предприятие-изготовитель оставляет за собой право, не уведомляя потребителя, вносить в конструкцию Установки изменения, не влияющие на ее характеристики.

ВНИМАНИЕ: ДАННЫЙ ДОКУМЕНТ ЯВЛЯЕТСЯ РЕЗУЛЬТАТОМ ТВОРЧЕСКОГО ТРУДА И ИНТЕЛЕКТУАЛЬНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ СОТРУДНИКОВ ПРЕДПРИЯТИЯ-ИЗГОТОВИТЕЛЯ. НЕ ДОПУСКАЕТСЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ДАННОГО ДОКУМЕНТА, РАВНО КАК И ЕГО ЧАСТИ, БЕЗ УКАЗАНИЯ НАИМЕНОВАНИЯ ДОКУМЕНТА И НАИМЕНОВАНИЯ ПРЕДПРИЯТИЯ-ИЗГОТОВИТЕЛЯ.

ЗАПРЕЩАЕТСЯ КОММЕРЧЕСКОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ДАННОГО ДОКУМЕНТА, РАВНО КАК И ЕГО ЧАСТИ, БЕЗ ПИСЬМЕННОГО СОГЛАСИЯ ПРЕДПРИЯТИЯ-ИЗГОТОВИТЕЛЯ.

Предприятие-изготовитель не несет ответственности за последствия неправильной эксплуатации Установки, нарушения правил безопасности и несоблюдения прочих необходимых мер предосторожности.

Внешний вид Установки представлен на рисунке 1. В состав Установки входят:

- анализатор цепей скалярный Р2М-18А/1 (далее анализатор Р2М-18А/1);
- устройство управления и отображения информации портативное ПКУ-11 (далее ПКУ-11);
- измерительный блок с устройством нагрева образцов и встроенным измерителем-регулятором температуры ТРМ 210 (далее - измерительный блок).

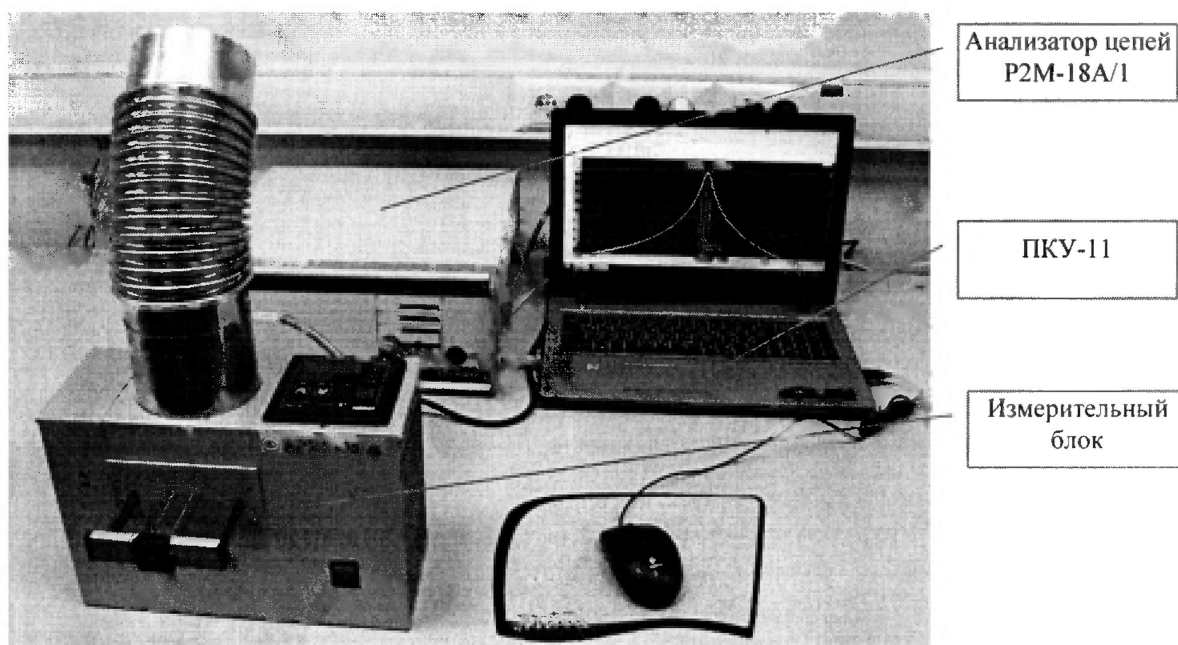


Рисунок 1 - Внешний вид Установки ИРТХ 400

1. Нормативные ссылки

В настоящем РЭ использованы нормативные ссылки на следующие стандарты:

ГОСТ Р 8.623-2015 «ГСИ. Относительная диэлектрическая проницаемость и тангенс угла диэлектрических потерь твердых диэлектриков. Методики измерений в диапазоне сверхвысоких частот».

ГОСТ 24643-81 Основные нормы взаимозаменяемости. Допуски формы и расположения поверхностей. Числовые значения.

ГОСТ 8.315-97 Государственная система обеспечения единства измерений (ГСИ). Стандартные образцы состава и свойства веществ и материалов. Основные положения (с Изменением №1).

ГОСТ 14192-96 Маркировка грузов (с Изменениями № 1, 2, 3)

ГОСТ 10354-82 Пленка полиэтиленовая. Технические условия (с Изменениями № 1-5).

2. Требования безопасности

По своим техническим характеристикам установка в процессе эксплуатации не требует специальных условий для обеспечения мер безопасности.

2.1 К работе с Установкой допускают лиц, ознакомившихся с Руководством по эксплуатации Установки ИРТХ-400, технической документацией на анализатор цепей скалярный Р2М-18А/1 (далее – анализатор Р2М-18А/1) и владеющих навыками работы с персональным компьютером.

2.2 Подключение анализатора цепей Р2М-18А/1, устройства управления и отображения информации ПКУ-11 и блока измерительного к сети питания производят в соответствии с требованиями безопасности и правилами подключения, изложенными в документации на эти составные части установки. Вилки сетевых шнуров питания включают в розетки с контактом защитного заземления.

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

2.4 Приборы Установки располагают на ровной поверхности, обеспечивая свободный доступ к разъёмам и органам управления приборами.

2.5 Запрещается производить изменения схемы (соединений) измерения при включенной СВЧ мощности анализатора Р2М-18А/1 и включенном измерительном блоке.

3. Описание и работа

3.1 Наименование и обозначение

Таблица 3.1

Наименование	«Установка для измерения радиотехнических характеристик диэлектрических материалов в диапазоне температур от 20°С до 400°С ИРТХ-400»
Обозначение	УБЖК.410114.001 ТУ
Дата изготовления	
Предприятие изготовитель	Восточно-Сибирский филиал ФГУП «ВНИИФТРИ»

Продолжение таблицы 3.1

Заводской номер	02-2017
Номер свидетельства об утверждении типа	
Регистрационный номер по Государственному реестру	

3.2 Назначение и область применения

Установка предназначена для измерения относительной диэлектрической проницаемости и тангенса угла диэлектрических потерь материалов в диапазоне температур от 20 до 400°C. В установке реализован метод объемного резонатора при фиксированной длине резонатора по ГОСТ Р 8.623-2015 «ГСИ. Относительная диэлектрическая проницаемость и тангенс угла диэлектрических потерь твердых диэлектриков. Методики измерений в диапазоне сверхвысоких частот». Минимальная температура измерения определяется температурой воздуха в лаборатории, где проводятся измерения, и нормируется для нормальных условий.

Область применения Установки – измерение и контроль диэлектрических параметров твердых материалов.

3.3 Условия эксплуатации

Таблица 3.2 - Нормальные условия эксплуатации Установки

Температура окружающей среды, °С	20 ± 5
Относительная влажность воздуха, %	от 20 до 80
Атмосферное давление, мм рт. ст.	от 630 до 800
Вибрация, удары	отсутствуют
Внешние электрические и магнитные поля, влияющие на работу установки	отсутствуют
Напряжение питания переменного тока, В	220 ± 22
Частота питающего напряжения, Гц	50 ± 1

Работать с Установкой необходимо при отсутствии резких изменений температуры окружающей среды. Для исключения сбоев в работе, измерения необходимо производить при отсутствии резких перепадов напряжения питания сети, вызываемых включением и выключением мощных потребителей электроэнергии и мощных импульсных помех. Рекомендуется также отсутствие вблизи установки включенных мобильных телефонов.

Для удаления продуктов нагрева испытуемых образцов и отвода нагретого воздуха на верхней панели измерительного блока имеется вентиляционный патрубок стандартного диаметра 100 мм для подключения к местной вытяжной вентиляции. Необходимость такого подключения пользователь определяет самостоятельно. Рекомендуется вентиляция естественным путем за счет конвекции, без создания принудительных потоков, способных изменять тепловой режим в измерительном блоке.

3.4 Комплектность

Таблица 3.3 – Комплектность Установки

Наименование	Обозначение	Кол-во
Анализатор цепей скалярный (комплектность в соответствии с формуляром на анализатор)	P2M-18A/1 ЖНКЮ.468166.027	1
Устройство управления и отображения информации портативное	ПКУ-11 ЖНКЮ.468382.001	1
Блок измерительный	УБЖК.411141.003	1
Паспорт на Установку ИРТХ-400	УБЖК.410114.001ПС	1
Руководство по эксплуатации	УБЖК.410114.001РЭ	1
CD-диск с программой расчета диэлектрических параметров в среде «Mathcad»	УБЖК.410114.001PP	1

3.5 Технические характеристики

Таблица 3.4 – Технические характеристики Установки

Рабочая частота, фиксированная в диапазоне, ГГц	от 8 до 12
Диапазон измеряемых значений:	
- относительной диэлектрической проницаемости ϵ	от 2 до 10
- тангенса угла диэлектрических потерь $\operatorname{tg}\delta$	от $1 \cdot 10^{-4}$ до $5 \cdot 10^{-2}$
Предел относительной допускаемой погрешности измерения:	
- относительной диэлектрической проницаемости ϵ	$\pm 2 \%$
- тангенса угла диэлектрических потерь $\operatorname{tg}\delta$	$\pm 20 \%$
Диапазон рабочих температур, °С	от 20 до 400
Неопределенность задания температуры образца и нестабильность ее поддержания, °С, не более	4
Время нагрева образца до 400 °С, мин, не более	40
Время измерения диэлектрических параметров одного образца с нагревом до 400 °С, час, не более	1
Мощность нагревателя, Вт	300
Установленная мощность установки, кВт, не более	1
Требования к энергоносителям:	
- напряжение, В	220 ± 22
- частота питающего напряжения, Гц	50 ± 1
Габаритные размеры, мм, не более:	
- анализатор цепей P2M-18A/1	400×390×170
- устройство управления и отображения информации портативное ПКУ-11	390×260×30
- измерительный блок	305×220×270
Масса, кг, не более	
- анализатор цепей P2M-18A/1	11
- устройство управления и отображения информации портативное ПКУ-11	3
- блок измерительный	7,5

Продолжение таблицы 3.4

Характеристики образцов измеряемых материалов:	
- диаметр, мм,	49,6 ± 0,3
- толщина, мм	2,5 ± 0,3
- отклонение от параллельности и плоскостности торцевых поверхностей по ГОСТ 24643, мм, не более	0,02
- термостойкость без размягчения, расплавления, возгорания, обугливания в воздушной среде, °С	до 450

3.6 Описание органов управления и индикации

3.6.1 Передняя панель

Внешний вид передней панели измерительного блока представлен на рисунке 3.1, органы управления и поясняющие знаки в таблице 3.5.

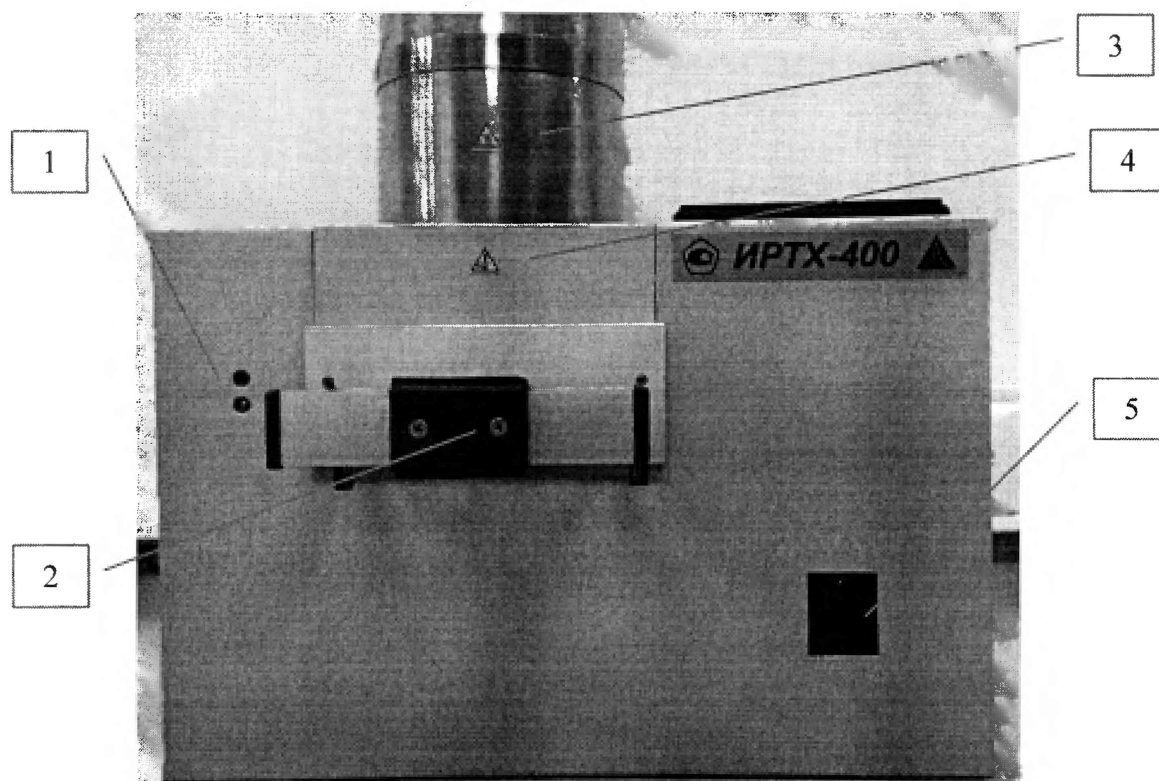




Рисунок 3.1 – Передняя панель измерительного блока

Таблица 3.5 - Органы управления и поясняющие знаки на передней панели блока

1	Индикаторы состояния светодиодные: - зеленый непрерывный означает, что кассета для образца введена в резонатор и измерительный блок готов к нагреву образца, т.е. "кассета введена"; - красный мигающий обозначает, что при его свечении работает нагреватель, т.е. "нагрев".
2	Привод кассеты для образца

Продолжение таблицы 3.5

3		Нагретая поверхность вентиляционного патрубка
4		Предупреждение об осторожном обращении с нагретым образцом в кассете
5	«Off»(выключено) «Reset»(включено)	Тумблер включения напряжения сети со световой индикацией

Кассета для ввода образца в измерительный резонатор представлена на рисунке 3.2

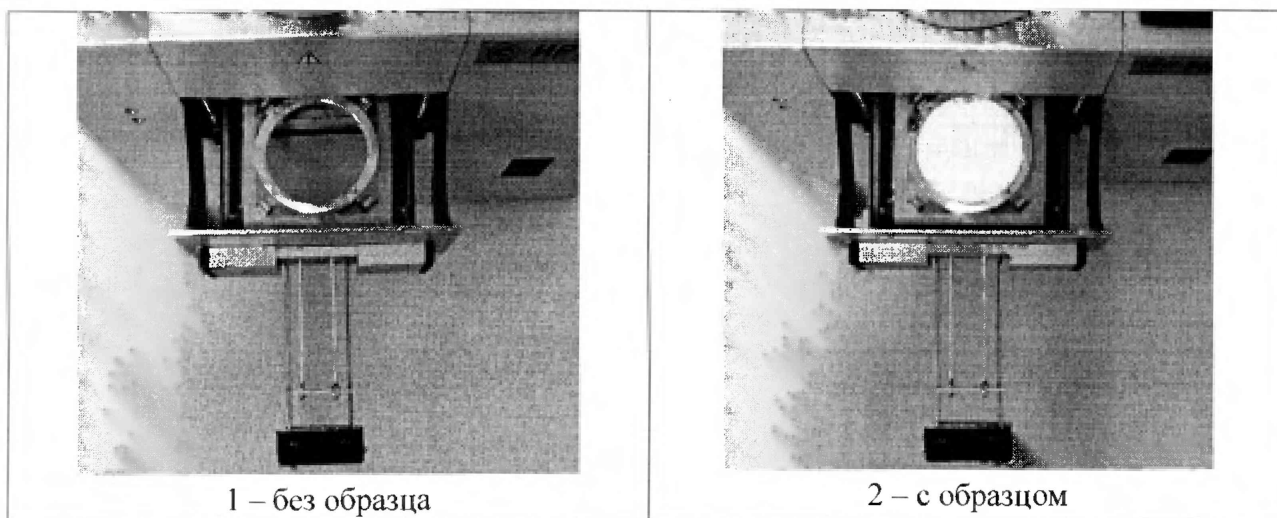


Рисунок 3.2 – Кассета для образца в выдвинутом состоянии

3.6.2 Верхняя панель

На верхней панели измерительного блока расположена панель управления измерителя-регулятора температуры ТРМ 210 (далее – регулятор ТРМ 210). Внешний вид верхней панели измерительного блока и органы управления и индикации регулятора ТРМ 210 представлены на рисунке 3.3.

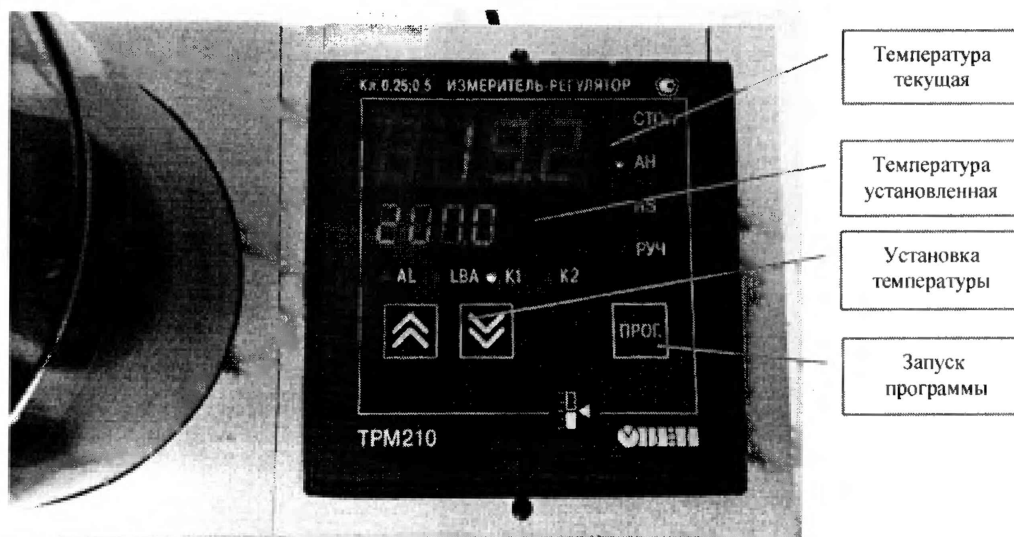


Рисунок 3.3 – Верхняя панель измерительного блока

3.6.3 Задняя панель

Внешний вид задней панели измерительного блока представлен на рисунке 3.4, органы управления и поясняющие надписи в таблице 3.2.

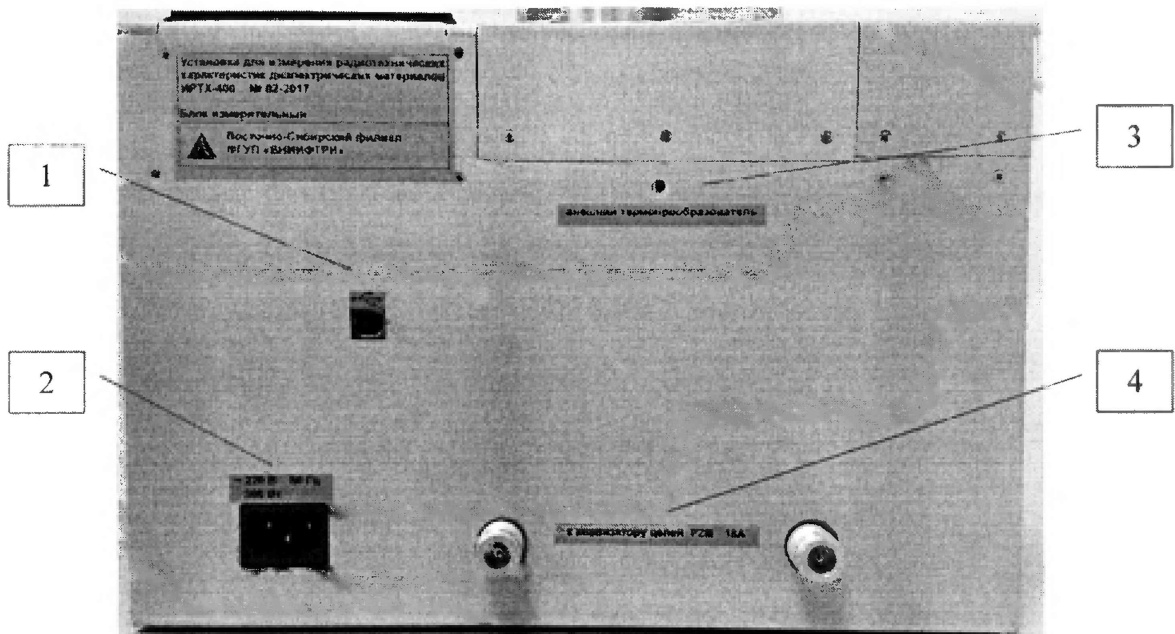



Рисунок 3.4 – Задняя панель измерительного блока

Таблица 3.2 - Органы управления и поясняющие надписи на задней панели блока

1		USB-порт для вывода информации с терморегулятора TPM 210
2	«~ 220 В 50 Гц 300 Вт»	Разъём для подключения к прибору сетевого шнура
3	«внешний термопреобразователь»	Отверстие для ввода внешнего термопреобразователя
4	«к анализатору цепей P2M - 18A»	СВЧ разъёмы для подключения анализатора P2M-18A/1

3.6.4 Расположение и назначение органов управления, индикации и присоединительных разъёмов анализатора P2M-18A/1 и регулятора температуры TPM 210 приведены в руководствах по эксплуатации этих приборов.

3.7 Устройство и работа

3.7.1 Состав Установки ИРТХ-400:

- анализатор цепей скалярный P2M-18A/1;
- устройство управления и отображения информации портативное ПКУ-11 (далее – ПКУ-11);
- блок измерительный с устройством нагрева образцов и встроенным регулятором температуры TPM 210.

Внешний вид установки приведен на рисунке 1

3.7.2 Принцип действия, устройство и технические характеристики используемых в установке регулятора ТРМ 210 и анализатора Р2М-18А/1 приведены в соответствующих руководствах по эксплуатации. В составе регулятора ТРМ 210 имеется преобразователь интерфейса с USB- выходом для вывода информации о температуре.

3.7.3 Принцип действия Установки основан на измерении резонансных частот f_0 и f_ϵ и собственных добротностей Q_0 и Q_ϵ объёмного резонатора до и после помещения в резонатор образца диэлектрика известной толщины с последующим расчетом относительной диэлектрической проницаемости ϵ и тангенса угла диэлектрических потерь $\text{tg}\delta$ по прилагаемой программе «Расчет РТХ, версия 02-2017».

3.7.4 Программа «Расчет РТХ, версия 02-2017» написана в среде «Mathcad» и выполняет расчет диэлектрической проницаемости и тангенса угла диэлектрических потерь образца диэлектрика по характеристикам объёмного резонатора без измеряемого образца и с измеряемым образцом. Расчет диэлектрических параметров образца выполняется по математическим зависимостям для метода объёмного резонатора при фиксированной резонансной длине, приведенным в ГОСТ Р 8.623-2015 ГСИ. Относительная диэлектрическая проницаемость и тангенс угла диэлектрических потерь твердых диэлектриков. Методики выполнения измерений в диапазоне сверхвысоких частот.

Уровень защиты программного обеспечения «средний» в соответствии с Р 50.2.077-2014

3.7.5 Резонансные частоты f_0 , f_ϵ и собственные добротности Q_0 , Q_ϵ измеряют анализатором Р2М-18А/1.

Резонансную частоту f_0 и добротность Q_0 резонатора без образца измеряют только при комнатной температуре до начала нагрева образца. Их изменения при нагреве учитываются программным путем по данным экспериментального исследования резонатора без образца в диапазоне температур до 410 °С.

3.7.6 Резонансную частоту f_ϵ и добротность Q_ϵ резонатора с образцом измеряют при температуре нагрева после выравнивания на регуляторе ТРМ 210 установленной (на зеленом табло) и текущей (на красном табло) температуры с точностью до 0,1 - 0,2 °С в течение 2 - 3 минут.

3.7.7 Основным узлом установки является измерительный блок с устройством нагрева образцов, регулирования и измерения температуры. Рабочая частота резонатора без образца находится вблизи 9070 МГц. Диапазон рабочих температур – от комнатной до 400 °С. Защита от перегрева обеспечивается биметаллическим тепловым реле.

3.7.8 Измеряемый образец помещают в кольцевую кассету диаметром 50 мм (рисунок 3.2). Кассету с образцом вводят в измерительный резонатор, при этом образец прижимается к нагреваемой верхней крышке резонатора.

3.7.9 Регулятор ТРМ 210 предназначен для измерения и автоматического регулирования температуры образца. В качестве датчика температуры используется термopара типа ТХА (К), имеющая надёжный тепловой контакт с верхней крышкой резонатора.

Регулятор ТРМ 210 обеспечивает различные режимы регулирования температуры, устанавливаемые при его программировании. Рекомендуемый режим приведен в таблице 3.3.

Таблица 3.3 - Рекомендуемый режим

Режим регулирования	ПИД – регулирование
Период следования управляющих импульсов	10 с
Ограничение уровня выходного сигнала	Pmin = 10 %; P max = 60 %
Максимальная величина уставки температуры	SL-L – 10 °С; SL-H – 430 °С

Регулирование температуры осуществляется длительностью включения нагревателя и естественным охлаждением резонатора, поэтому **минимальная температура измерения равна окружающей температуре в лаборатории.**

Необходимые для работы параметры ПИД- регулирования установлены в процессе автонастройки и хранятся в энергонезависимой памяти регулятора ТРМ 210 (п.7.1 РЭ Измерителя ПИД-регулятора ТРМ 210). **При выходе на стационарный режим регулирования возможны превышения заданной на регуляторе температуры с последующим приближением к ней сверху.**

4 Подготовка к работе

4.1 Перед подготовкой к измерениям с нагревом образца необходимо убедиться, что материал образца выдерживает нагрев в воздушной среде до планируемой температуры измерения без размягчения, расплавления, возгорания или обугливания.

ЗАПРЕЩАЕТСЯ использовать Установку для определения термостойкости образцов материала. Термостойкость образцов должна быть известна до их измерений на данной Установке и превышать температуру измерения не менее, чем на 30 °С.

Размягчение, расплавление, возгорание или обугливание измеряемого образца в резонаторе приведет к порче измерительного резонатора и потере его работоспособности!

4.2 Подготовить к работе анализатор Р2М-18А/1 и ПКУ-11 в соответствии с указаниями их руководств по эксплуатации.

4.3 Включить анализатор Р2М-18А/1 и ПКУ-11. Прогреть в течении 15 минут. На ПКУ-11 запустить программу «Graphit Р2М» (программа установлена на ПКУ-11 изготовителем Р2М-18А/1).

4.4 Вилку сетевого шнура измерительного блока включить в розетку с контактом защитного заземления. Сетевой выключатель на измерительном блоке должен быть в положении «Off» (выключен).

4.5 Подготовить образцы к проведению измерений. Измерить толщину в 7 точках, равномерно расположенных по поверхности, за результат толщины образца t взять среднее арифметическое.

4.6 В соответствии с руководством по эксплуатации анализатора Р2М-18А/1 провести его калибровку по коэффициенту передачи (КП), используя для соединения кабеля СВЧ и детекторной головки коаксиальный переход ПК2-18-01Р-01Р из комплекта (рисунок 4.1). Рекомендуемые параметры калибровки приведены в таблице 4.1

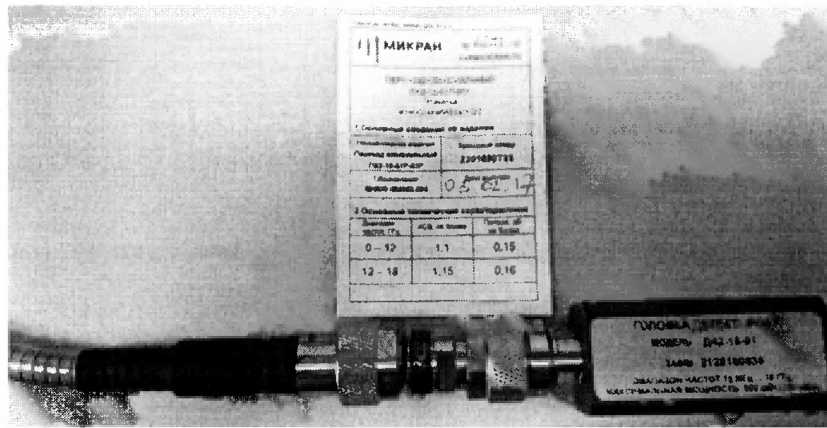
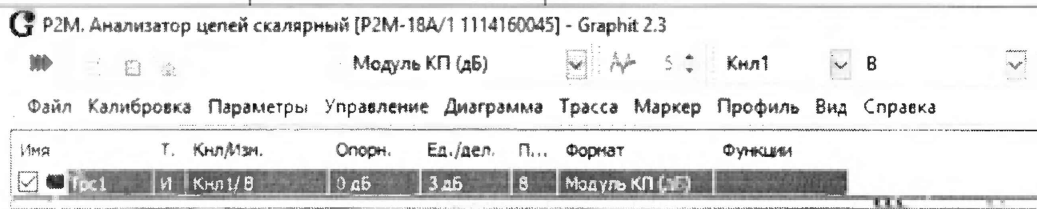


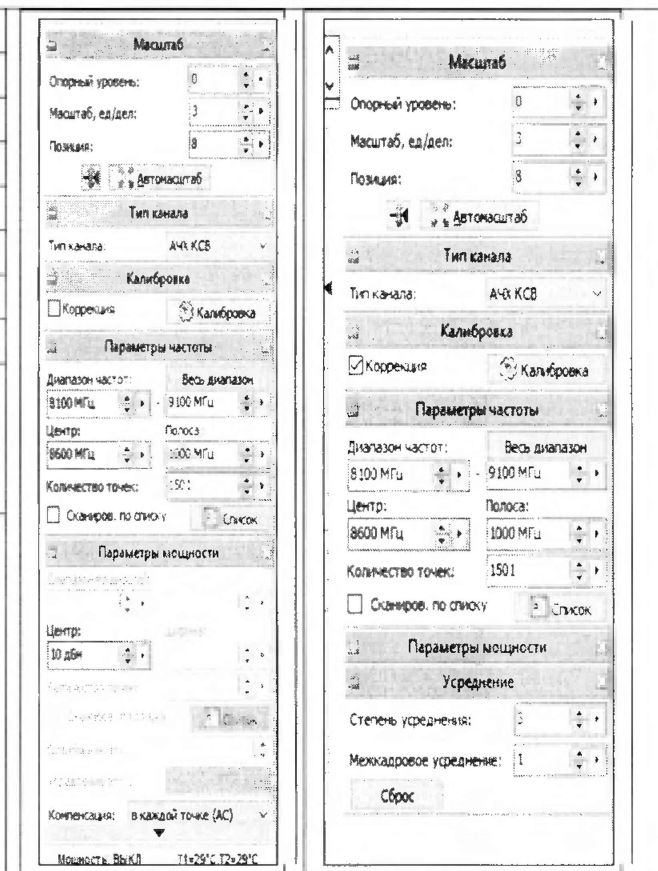
Рисунок 4.1 – Соединение для калибровки анализатора P2M-18A/1 по КП

Таблица 4.1 - Параметры калибровки

Измеряемый параметр	Модуль КП	до калибровки стоит «Мощность дБм»
Вход	В	
Канал	Кнл1	
Трасса	Трс1	



Опорный уровень	0
Масштаб	3
Позиция	8
Диапазон частот	8100 - 9100 МГц
Число точек	1500
Уровень мощности	10 дБм
Компенсация	в каждой точке
Степень усреднения	3
Коррекция	После окончания калибровки в окошке появится флажок



По окончании калибровки на экране ПКУ-11 должна наблюдаться прямая линия на уровне 0 дБ (рисунок 4.2). Анализатор P2M-18A/1 готов к измерениям.

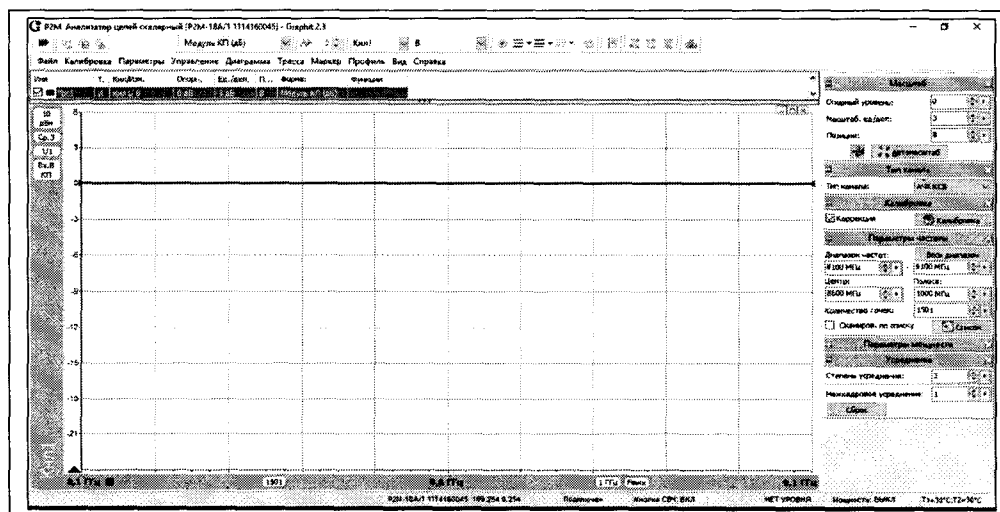


Рисунок 4.2 – Результат калибровки P2M-18A/1 по коэффициенту передачи (КП)

При очередном включении анализатора P2M-18A/1 калибровка сохраняется, необходимо только поставить флажок в окошке «Коррекция».

5 Порядок работы

5.1 Измерение при комнатной температуре.




5.1.1 Присоединить кабель СВЧ и детекторную головку анализатора P2M-18A/1 к СВЧ-разъемам на задней панели измерительного блока.

5.1.2 Выдвинуть кассету для образца и убедиться в отсутствии в ней образца.

5.1.3 Измерения без нагрева (при комнатной температуре) возможны при выключенном или включенном в сеть измерительном блоке.

5.1.3.1 При измерении в выключенном состоянии сетевой выключатель измерительного блока должен быть в положении «Off» (выключен). Регулятор температуры ТРМ 210 и нагреватель отключены и нагрев невозможен. Светодиодные индикаторы также отключены. Измерительный СВЧ тракт не связан с системой нагрева и индикации состояния и готов к измерениям при текущей температуре резонатора независимо от питающей сети.

Температуру в резонаторе перед началом работы можно определить по красному табло регулятора ТРМ 210. Для этого **ОБЯЗАТЕЛЬНО (!)** сначала **выдвинуть кассету** (при этом нагреватель отключается, нагрев невозможен) и затем включить тумблер сети измерительного блока (положение "Reset"). Регулятор ТРМ 210 в этом случае работает только как измеритель температуры, на красном табло которого высветится значение температуры резонатора. Подождать 5-10 с до установления показаний и зафиксировать это значение. Тумблер сети выключить (положение "Off") и ввести кассету без образца в резонатор.

5.1.3.2 Для измерений без нагрева при включенном в сеть измерительном блоке **выдвинуть кассету** и включить сетевой выключатель в положение «Reset» (включено). При этом регулятор ТРМ 210 работает только как измеритель температуры, поскольку цепь нагревателя разомкнута и нагрев не происходит. На регуляторе ТРМ 210 установить температуру 20 °С или ниже комнатной. Температура устанавливается нажатием кнопок  и . После установки нужного значения пятикратно нажать кнопку . На зеленом табло должно появиться значение установленной температуры (уставка). Если уставка оказывается ниже температуры окружающего воздуха, то регулятор не включает нагреватель и регулирования температуры (нагрева) не происходит. На красном табло индицируется текущая температура резонатора (образца) при которой и проводятся измерения.

5.1.4 Ввести пустую кассету в резонатор, при этом должен загореться зеленый индикатор состояния на передней панели измерительного блока (если сетевой выключатель измерительного блока включен). Установить центральную частоту 9068 МГц и полосу 10-20 МГц, измерить резонансную частоту f_0 и собственную добротность резонатора Q_0 , используя маркерные измерения в соответствии с руководством по эксплуатации измерителя P2M-18/A1. На рисунке 5.1 приведен вид экрана ПКУ-11 с резонансной характеристикой резонатора без образца при комнатной температуре ($f_0 = 9,067972$ ГГц, $Q_0 = 24466$).

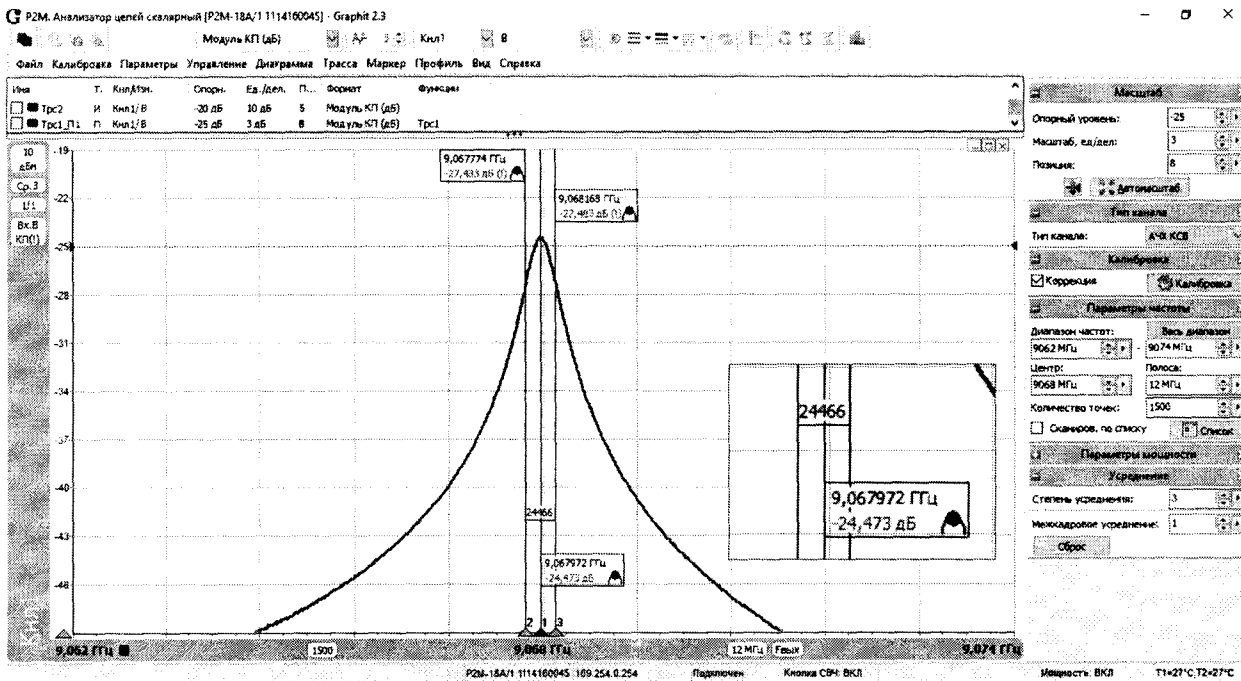


Рисунок 5.1 Резонансная характеристика резонатора без образца

5.1.5 На ПКУ-11 открыть окно с программой «Расчёт РТХ версия 02-2017» и ввести измеренные значения f_0 (ГГц), Q_0 в программу. Ввести в программу дату и условия измерения в лаборатории: температуру воздуха T (°С), относительную влажность F_i (%) и атмосферное давление P (мм рт. ст.). На рисунке 5.2 приведен листинг программы «Расчет РТХ, версия 02-2017».

Расчет РТХ, версия 02-2017

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.)

05.08.2017 $T_w := 20.1$ $F_i := 45$ $P := 715$

Размеры резонатора

1. Параметры пустого резонатора и образца при комнатной температуре

Резонансная частота пустого резонатора, ГГц $f_0 := 9.067972$
 Собственная добротность пустого резонатора $Q_0 := 24466$
 Толщина образца, мм $t := 2.520$

2. Параметры при нагреве

Температура нагрева τ при измерении, град. С $\tau := 20.1$
 Резонансная частота резонатора с образцом, ГГц $f_{\epsilon} := 9.050800$
 Собственная добротность резонатора с образцом $Q_{\epsilon} := 11792$

Расчет диэлектрических параметров

Значение ϵ $\epsilon = 3.35$ Значение $tg\delta$ $tg\delta = 6.3 \times 10^{-3}$

Рисунок 5.2 – Листинг программы «Расчет РТХ, версия 02-2017»

5.1.6 Выдвинуть кассету, установить в нее образец и ввести кассету с образцом в резонатор. Резонансный отклик при этом сместится вниз по частоте. Найти резонансный отклик и измерить резонансную частоту f_{ϵ} и собственную добротность Q_{ϵ} резонатора с образцом. На рисунке 5.3 приведен вид экрана ПКУ-11 с резонансной характеристикой резонатора с образцом ТСПК толщиной 2.52 мм при комнатной температуре ($f_0 = 9,050800$ ГГц, $Q_0 = 11792$).

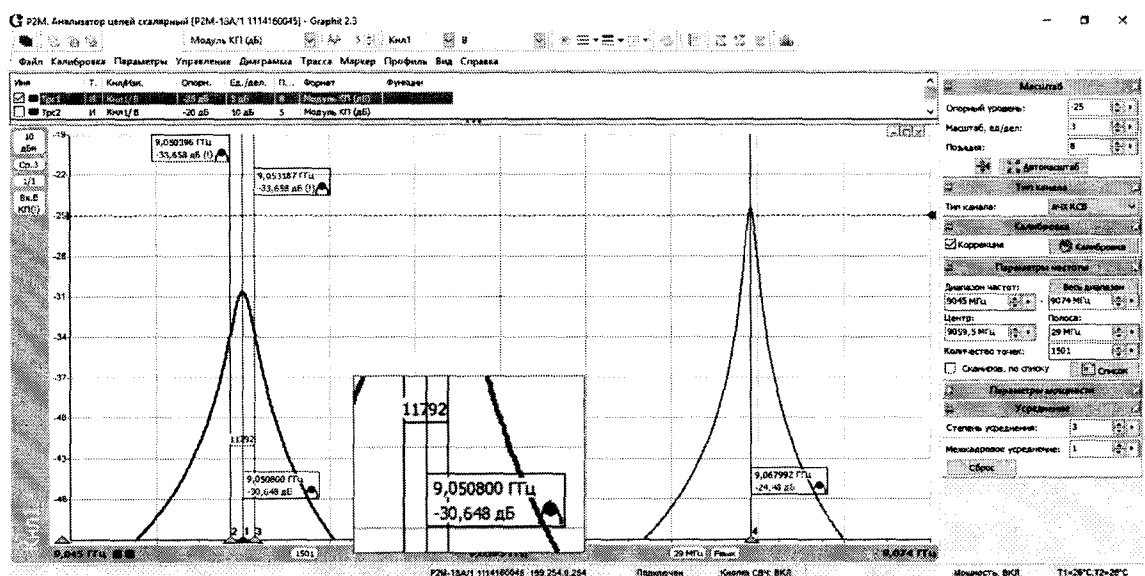


Рисунок 5.3 Резонансная характеристика резонатора с образцом

В таблице 5.1 для справки приведены значения резонансных частот резонатора с образцом толщиной 2,5 мм и диэлектрической проницаемостью от 2 до 10.

Таблица 5.1 - Резонансные частоты резонатора с образцом толщиной 2,5 мм




ε	2,0	3,5	4,5	6,0	8,0	10,0
$f\varepsilon$, МГц	9062	9050	9040	9019	8975	8888

5.1.7 Ввести измеренные значения $f\varepsilon$ (ГГц), $Q\varepsilon$ толщину образца t (мм) и температуру образца τ (°C), определенную по п.5.1.3. Допускается в качестве τ использовать температуру воздуха в лаборатории $\tau = T$.




5.1.8 Рассчитать относительную диэлектрическую проницаемость ε и тангенс угла диэлектрических потерь $\operatorname{tg}\delta$. по программе «Расчёт РТХ версия 02-2017». На рисунке 5.2 приведен листинг программы с внесенными данными и результатами расчета ε и $\operatorname{tg}\delta$.

5.2 Измерение в диапазоне температур до 400 °C

ВНИМАНИЕ! Перед началом измерений с нагревом убедитесь, что для испытаний выбран образец, выдерживающий установленную температуру без размягчения, расплавления и обугливания (возгорания) в воздушной среде.

5.2.1 Выдвинуть кассету из резонатора и на регуляторе ТРМ 210 установить необходимую температуру нагрева (не более 410 °C). Температура устанавливается нажатием кнопок  и . После установки нужного значения пятикратно нажать кнопку . На зеленом табло должно появиться значение вновь установленной температуры нагрева.

5.2.2 Поместить образец в кассету и ввести кассету в резонатор. На передней панели измерительного блока должен светиться непрерывно зеленый индикатор "кассета введена" и загораться прерывисто красный индикатор "нагрев" во время протекания тока через нагреватель.

5.2.3 Ограничение температуры нагрева или переход к другой температуре осуществляют нажатием кнопок  и  до нужного значения температуры. Перезапуск регулятора ТРМ210 с новой уставкой осуществляется пятикратным нажатием кнопки . При этом на зеленом табло индицируется вновь установленная температура, на красном - текущая температура образца.

5.2.4 Для экстренного охлаждения образца (например, в случае начала его термодеструкции) достаточно выдвинуть кассету с образцом из резонатора. При этом разрывается цепь питания нагревателя, регулятор ТРМ 210 работает как измеритель температуры резонатора (но не образца!) и светодиодные индикаторы гаснут. **Необходимо соблюдать осторожность и избегать касания выдвинутых нагретых частей, кассеты и образца до их охлаждения.** Прекращение нагрева и медленное охлаждение образца без перепрограммирования регулятора ТРМ 210 достигается выключением сетевого выключателя (положение «Off») на измерительном блоке без вывода кассеты из резонатора.

5.2.5 После установления текущей температуры (на красном табло ТРМ 210) в пределах $\pm (0,1 \dots 0,2)$ °C в течение 1...2 мин около заданной (на зеленом табло) темпера-

туры τ можно проводить измерения. Изменяя на ПКУ-11 полосу обзора анализатора цепей P2M-18A/1 найти резонансный отклик и измерить резонансную частоту f_ϵ и собственную добротность Q_ϵ резонатора с нагретым образцом.

5.2.6 Ввести значение температуры нагрева образца τ ($^\circ\text{C}$), измеренные значения f_ϵ (ГГц), Q_ϵ в программу «Расчёт РТХ версия 02-2017» и рассчитать относительную диэлектрическую проницаемость ϵ и тангенс угла диэлектрических потерь $\text{tg}\delta$ при температуре τ . На рисунке 5.4 приведен листинг программы «Расчет РТХ версия 02-2017» с данными при температуре 200 $^\circ\text{C}$.

Расчет РТХ, версия 02-2017

Программа расчета диэлектрических параметров по измерениям на установке ИРТХ-400

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

05.08.2017 T := 20.6 Fi := 44 P := 712

Размеры резонатора

1. Параметры пустого резонатора и образца при комнатной температуре

Резонансная частота пустого резонатора, ГГц f0 := 9.067976

Собственная добротность пустого резонатора Q0 := 24577

Толщина образца, мм t := 2.48

2. Параметры при нагреве

Температура нагрева τ при измерении, град. C τ := 200.0

Резонансная частота резонатора с образцом, ГГц f_ϵ := 9.049347

Собственная добротность резонатора с образцом Q_ϵ := 8311

Расчет диэлектрических параметров

Значение ϵ $\epsilon = 3.65$ Значение $\text{tg}\delta$ $\text{tg}\delta = 1.0 \times 10^{-2}$

Рисунок 5.4 - Листинг программы «Расчет РТХ, версия 02-2017» с данными при температуре 200 $^\circ\text{C}$

5.3 Окончание работы

5.3.1 Установить на регуляторе ТРМ 210 температуру 20 $^\circ\text{C}$. При этом отключится нагреватель и начнется охлаждение резонатора и кассеты с образцом.

5.3.2 После охлаждения до безопасной температуры (40 $^\circ\text{C}$ по красному табло регулятора ТРМ 210) выключить питание блока измерительного выдвинуть кассету и извлечь образец.

5.3.3 Для ускорения процесса охлаждения образца после снижения температуры до 200 $^\circ\text{C}$ (по красному табло регулятора ТРМ 210) соблюдая осторожность, выдвинуть кассету с образцом, не прикасаясь к нагретым деталям, кассете и образцу. Извлекать образец из кассеты разрешается после охлаждения до безопасной температуры во избежание ожогов.

5.3.4 Если не планируется дальнейших измерений, выключить анализатор Р2М-18А/1 и ПКУ-11.

6 Поверка Установки

Поверку Установки ИРТХ-400 проводят в соответствии с Приложением 1 Руководства по эксплуатации УБЖК.410114.001 РЭ. «Методика поверки».

7 Техническое обслуживание

Техническое обслуживание установки состоит в соблюдении правил ее эксплуатации, хранения, транспортировки, изложенных в настоящем РЭ, в своевременном устранении возникающих неисправностей и в периодической поверке.

Периодически проводить очистку установку от пыли, грязи, проверять работоспособность.

8 Текущий ремонт

При отказе установки, а также при ее отбраковке по результатам поверки, ремонт следует проводить на предприятии – изготовителе.

9 Хранение, транспортирование, упаковка

9.1 Хранение

9.1.1 Установка является точным средством измерения и не должна подвергаться механическим воздействиям.

9.1.2 Установку ИРТХ-400 в транспортной таре допускается хранить в неотапливаемых помещениях при температуре от минус 20 до плюс 40 °С и относительной влажности до 95 % без конденсации влаги.

9.1.3 Установку ИРТХ-400 без упаковки следует хранить в отапливаемых помещениях при температуре от 15 до 40 °С и относительной влажности до 95 % при отсутствии в воздухе примесей, вызывающих коррозию

9.2 Транспортирование

9.2.1 Установка подлежит транспортировке в транспортной таре, в горизонтальном положении, в закрытом автомобильном или железнодорожном транспорте при температуре от минус 20 до плюс 40 °С. Допускается транспортирование авиационным транспортом.

9.2.2 Погрузка и выгрузка Установки не требует применения погрузочно-разгрузочных средств.

9.3 Упаковка

9.3.1 Упаковка должна обеспечивать сохранность установки при хранении и транспортировании.

9.3.2 Упаковку следует производить в закрытых вентилируемых помещениях при температуре окружающей среды от плюс 15 до плюс 40 °С при относительной влажности воздуха не более 80 %.

9.3.3. Анализатор Р2М-18А/1 вместе с эксплуатационной документацией должен быть уложен в специальный транспортировочный кейс, в котором он поставляется изготовителем.

9.3.4 Портативное устройство ПКУ-11 упаковывается и транспортируется в таре изготовителя.

9.3.5 Измерительный блок вместе с эксплуатационной документацией Установки в чехле из полиэтиленовой пленки толщиной от 0,1 до 0,4 мм должны быть уложены в специальную транспортную тару.

Свободное пространство между измерительным блоком и транспортной тарой должно быть заполнено амортизационным материалом.

9.3.6 Товаросопроводительная документация должна быть вложена в чехол из полиэтиленовой пленки толщиной от 0,1 до 0,3 мм.

В чехол должен быть вложен вкладыш с надписью «Товаросопроводительная документация» так, чтобы ее можно было прочитать, не вскрывая чехла, после чего шов чехла должен быть заварен.

Чехол с товаросопроводительной документацией должен быть положен в транспортную тару измерительного блока на верхний слой амортизационного материала.

9.3.7 Упаковка подлежит хранению у пользователя до окончания гарантийного срока.

10 Маркировка и пломбирование

10.1 Маркировка

10.1.1 На измерительном блоке установки должны быть закреплены этикетки со следующими знаками и надписями:

- товарный знак или наименование изготовителя;
- наименование изделия;
- наименование «блок измерительный»;
- знак Государственного реестра средств измерений;
- год выпуска, заводской номер по системе изготовителя;
- на анализаторе цепей Р2М18А/1 и устройстве управления и отображения информации портативном ПКУ-11 должны быть закреплены этикетки с надписью «ИРТХ-400».

10.1.2 На паспорте Установки ИРТХ-400 типографским способом должен быть нанесен знак Государственного реестра средств измерений.

10.1.3 Транспортная маркировка должна соответствовать ГОСТ 14192 и должна содержать:

- основные, дополнительные и информационные надписи;
- манипуляционные знаки «Хрупкое», «Осторожно», «Верх», «Беречь от влаги».

10.1.4 Маркировка должна быть выполнена ясно, четко разборчиво. Способ маркировки должен обеспечивать сохранность маркировки в течение всего срока службы.

10.2 Пломбирование

Для предотвращения несанкционированного вскрытия блока измерительного на его нижней панели на отверстии крепежного винта имеется наклейка с фирменного знаком изготовителя.

11 Срок службы, хранения и гарантии изготовителя

11.1 Предприятие-изготовитель гарантирует соответствие Установки заявленным характеристикам при соблюдении правил эксплуатации, хранения и транспортирования.

11.2 Гарантийный срок хранения – 6 месяцев.

11.3 Гарантийный срок эксплуатации – 24 месяца со дня отгрузки потребителю.

11.4 Срок службы – 5 лет.

11.5 Гарантийный срок эксплуатации анализатора Р2М-18А/1 и ПКУ-11 указан в их формулярах. При отказе анализатора Р2М-18А/1 и/или ПКУ-11 в течение гарантийного срока необходимо обратиться к их изготовителю.

11.6 При отказе блока измерительного УБЖК.411141.003 составляют акт с указанием характера неисправности. Заверенный руководителем организации акт направляется по адресу: 664056, г. Иркутск, ул. Бородина 57.

В акте указывают:

- наименование, заводской номер, дата выпуска и ввода в эксплуатацию;
- описание неисправности.

11.7 Гарантийный срок эксплуатации продлевается на время подачи рекламации до восстановления работоспособности установки.

11.8 Предприятие-изготовитель осуществляет платный негарантийный ремонт и сервисное обслуживание в течение срока службы. Негарантийный ремонт проводят только после оформления договора на проведение ремонта.

12 Утилизация

12.1 Установка ИРТХ-400 не содержит материалов, опасных для жизни человека. После окончания срока службы, при необходимости, Установку утилизируют любым доступным способом.

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

УТВЕРЖДАЮ

Директор Восточно-Сибирского
филиала ФГУП «ВНИИФТРИ»

К.В. Константинов

22 сентября 2017 г.



ГОСУДАРСТВЕННАЯ СИСТЕМА ОБЕСПЕЧЕНИЯ ЕДИНСТВА ИЗМЕРЕНИЙ

УСТАНОВКА ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ РАДИОТЕХНИЧЕСКИХ
ХАРАКТЕРИСТИК ДИЭЛЕКТРИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ
В ДИАПАЗОНЕ ТЕМПЕРАТУР ОТ 20 ДО 400 °С
ИРТХ-400

Методика поверки



Настоящая методика поверки распространяется на установку для измерения радиотехнических характеристик диэлектрических материалов в диапазоне температур от 20 до 400 °С ИРТХ-400 (УБЖК.410114.001 ТУ) (далее Установка) и устанавливает методику первичной и периодической поверки.

Интервал между поверками 1 год.

1 Операции поверки

Таблица А.1 – Операции поверки

Наименование операции	Номер пункта	Проведение операции при	
		первичной поверке	периодической поверке
Внешний осмотр	7.1	+	+
Опробование	7.2	+	+
Определение метрологических характеристик	7.3	+	+

При получении отрицательных результатов при проведении той или иной операции поверка может быть прекращена.

2 Средства поверки

Таблица А.2 – Средства поверки

Номер пункта документа по поверке	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
7.3	ГСО 1683-79 ε от 2,24 до 2,32, $\pm 6\%$, ГОСТ Р 8.623-2015
7.3	ГСО 7972-2001 ε от 6,20 до 6,40, $\delta_\varepsilon \pm 6\%$, $\text{tg}\delta$ от $6 \cdot 10^{-3}$ до $1 \cdot 10^{-2}$, $\delta_{\text{tg}\delta} \pm 10\%$ ГОСТ Р 8.623-2015
7.3	ГСО 5090-89 ε от 8,60 до 10,30, $\delta_\varepsilon \pm 0,5\%$, $\text{tg}\delta$ от $5 \cdot 10^{-5}$ до $1 \cdot 10^{-3}$, $\delta_{\text{tg}\delta} \pm 15\%$ ГОСТ Р 8.623-2015
7.2	Преобразователь термоэлектрический серии ТХА(К), исполнение — свободные концы, типа термопары К; наружный диаметр гильзы не более 2,5 мм; длина рабочей части 250 мм; диапазон рабочих температур от минус 40 до плюс 1200 °С; пределы абсолютной допускаемой погрешности $\pm 1,5$ °С
7.2	Измеритель-регулятор микропроцессорный ТРМ210-Щ1. Диапазон измерений от 0 до 1750 °С, ПГ $\pm 0,5\%$
7.2	Имитатор образца

Допускается применение средств поверки не приведенных в перечне, но обеспечивающих определение метрологических характеристик установки с требуемой точностью.

3 Требования к квалификации поверителей

Поверка установки проводится лицами, аттестованными в качестве поверителей средств измерений радиотехнических величин. К работе с Установкой допускают лиц, ознакомившихся с Руководством по эксплуатации Установки, технической документацией на анализатор цепей скалярный Р2М-18А/1 (далее – анализатор Р2М-18А/1) и владеющих навыками работы с персональным компьютером.

4 Требования безопасности

При поверке Установки следует соблюдать правила безопасности при эксплуатации электроустановок.

Вилки сетевых кабелей анализатора Р2М-18А/1, устройства управления и отображения информации ПКУ-11 (далее ПКУ-11) и блока измерительного подключать к стационарным розеткам 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-18А/1 и включенном измерительном блоке.

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

5 Условия поверки

Таблица А.3 – Условия при проведении 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
Электрическое напряжение питания переменного тока, В	220 ± 22
Частота питающего электрического напряжения, Гц	50 ± 1
Вибрация, удары	отсутствуют.
Не допускается нахождение на рабочем месте поверителя мобильных телефонов, радиодлинителей, роутеров и других радиопередающих устройств.	

6 Подготовка к поверке

6.1 Подготовить к работе анализатор Р2М-18А/1 и ПКУ-11 в соответствии с указаниями их руководств по эксплуатации.

6.2 Включить анализатор Р2М-18А/1 и ПКУ-11. Прогреть в течении 15 минут. На ПКУ-11 запустить программу «Graphit Р2М».

6.3 В соответствии с руководством по эксплуатации анализатора Р2М-18А/1 провести его калибровку по коэффициенту передачи (КП). Параметры калибровки приведены в таблице А.4.

Таблица А.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-18А/1 готов к измерениям.

7 Проведение поверки

7.1 Внешний осмотр

7.1.1 Убедиться в соответствии комплекта установки паспортным данным.

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

7.1.3 Проверить наличие действующего свидетельства о поверке на анализатор Р2М-18А/1 (запись в формуляре, заверенной подписью поверителя и знаком поверки).

При отсутствии действующего свидетельства о поверке анализатора Р2М-18А/1 и/или записи в формуляр, а так же при истечении срока после поверки более межповерочного интервала поверка установки ИРТХ-400 не проводится.

7.2 Опробование

7.2.1 Проверка диапазона рабочих температур

7.2.1.1 Присоединить кабель СВЧ и детекторную головку анализатора Р2М-18А/1 к СВЧ-разъемам на задней панели измерительного блока. Блок измерительный включить в сеть. Тумблер включения сети измерительного блока должен быть в положении «Off» (выключен), при этом температура измерительного блока соответствует комнатной.

7.2.1.2 Для проверки диапазона рабочих температур установить в кассету резонатора имитатор образца (рисунок А1).

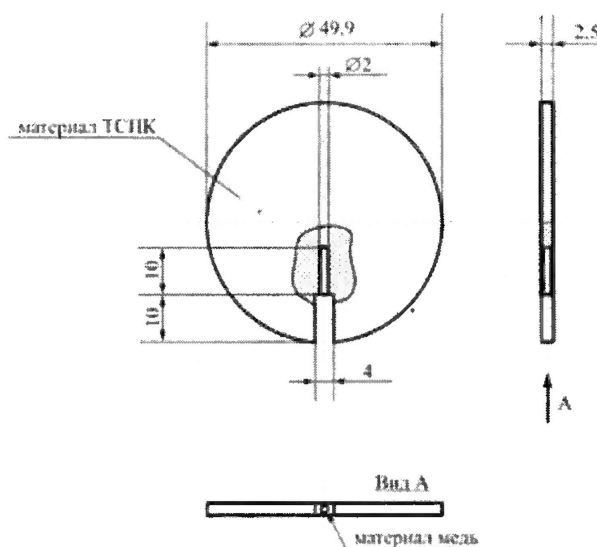


Рисунок А.1- Имитатор образца

Имитатор образца должен быть установлен 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 А.2). Вдвинуть кассету с имитатором образца в резонатор.

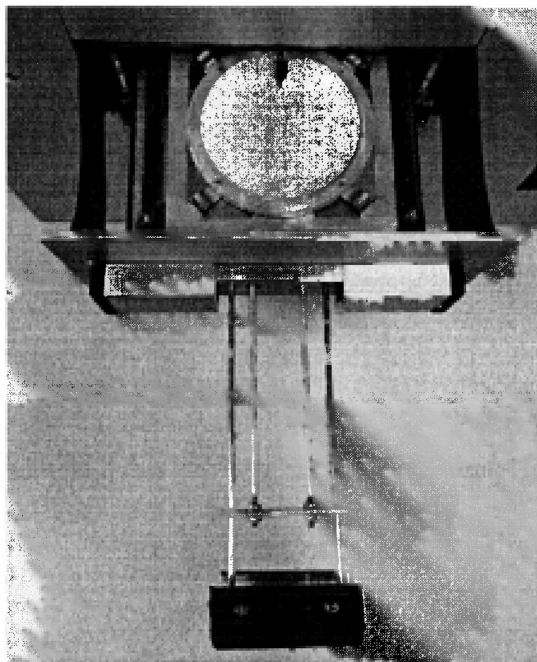


Рисунок А.2 – Имитатор образца в кассете

7.2.1.3 Через отверстие «внешний термопреобразователь» на задней панели измерительного блока ввести 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.

7.2.1.4 Подключить преобразователь термоэлектрический к внешнему измерительно-регулятору микропроцессорному.

7.2.1.5 Включить измерительный блок. На красном табло встроенного в блок регулятора ТРМ 210 должна высветиться температура имитатора образца, близкая к температуре воздуха в лаборатории.

В измерительном блоке на панели встроенного регулятора ТРМ 210 задать температуру нагрева 200 °С.

7.2.1.6 Дождаться выравнивания заданной (на зеленом табло) температуры и текущей (на красном табло) температуры в пределах $\pm (0,1...0,2)$ °С в течение 2-3 мин.

Наблюдая в течении 10 минут за показаниями контрольного измерителя и встроенного регулятора ТРМ 210 определить наибольшее отклонение температуры имитатора образца в измерительном блоке от заданной на зеленом табло встроенного регулятора ТРМ 210.

7.2.1.7 В измерительном блоке на панели встроенного регулятора ТРМ 210 задать температуру нагрева 400 °С и выполнить операции п.7.2.6. при данной температуре.

7.2.1.8 Разность значений заданной (на зеленом табло) температуры по встроенному регулятору ТРМ 210 и температуры по внешнему контрольному измерительно-регулятору микропроцессорному должна находиться в пределах ± 4 °С.

7.2.2 Идентификация программного обеспечения (ПО)

7.2.2.1 На ПКУ-11 открыть окно с программой «Расчет РТХ, версия 02-2017» и убедиться в том, что версия ПО соответствует версии, указанной в описании типа: 02-2017.

7.2.2.2 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	$f_0:=9,068000$
Собственная добротность пустого резонатора	$Q_0:=24000$
Толщина образца, мм	$t:=2,500$

в разделе 2. Параметры при нагреве

Температура нагрева t при измерении, град. С	$t:=20$
Резонансная частота резонатора с образцом, ГГц	$f_\varepsilon:=9,050000$
Собственная добротность резонатора с образцом	$Q_\varepsilon:=11000$

7.2.2.3 В нижней строке окна программы должны высветиться значения результатов расчетов:

Значение ε должно быть: « $\varepsilon = 3,49$ »,

Значение $\text{tg}\delta$ должно быть: « $\text{tg}\delta = 6,9 \times 10^{-3}$ ».

7.2.2.4 Идентификация ПО считается положительной, если номер версии 02-2017, рассчитанные значения ε и $\text{tg}\delta$ соответствуют указанным в пункте 7.2.2.3.

7.3 Определение метрологических характеристик

7.3.1 Определение рабочей частоты

Тумблер включения сети измерительного блока должен быть в положении «Off» (выключен), при этом температура соответствует комнатной.

Измерить рабочую резонансную частоту f_0 резонатора без образца при комнатной температуре (от 15 до 25 °С). Полученное значения рабочей резонансной частоты должно соответствовать указанному в паспорте на измерительный блок.

7.3.2 Определение относительных погрешностей измерений относительной диэлектрической проницаемости и тангенса угла диэлектрических потерь

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

7.3.2.2 Кассету без образца ввести в резонатор и измерить резонансную частоту f_0 и собственную добротность Q_0 резонатора без образца.

7.3.2.3 Установить в кассету аттестованный стандартный образец ГСО 1683-79 и ввести его в резонатор. Измерить резонансную частоту f_ε и собственную добротность Q_ε резонатора с образцом.

7.3.2.4 В программу «Расчет РТХ, версия 02-2017» ввести значение толщины образца t , полученные значения частот и добротностей и рассчитать относительную диэлектрическую проницаемость ε и тангенс угла диэлектрических потерь $\text{tg}\delta$ для ГСО 1683-79.

7.3.2.5 Повторить измерения не менее трех раз. За результат измерений $\varepsilon_{\text{изм}}$ и $\text{tg}\delta_{\text{изм}}$ принять средние арифметические значения.

7.3.2.6 Рассчитать относительные погрешности измерений относительной диэлектрической проницаемости и тангенса угла диэлектрических потерь, принимая за опорные значения характеристики стандартного образца ($\epsilon_{амм}$ и $\text{tg}\delta_{амм}$).

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

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

где:

$\epsilon_{изм}$, $\text{tg}\delta_{изм}$ — средние значения измеренных относительной диэлектрической проницаемости и тангенса угла диэлектрических потерь,

$\epsilon_{амм}$, $\text{tg}\delta_{амм}$ — значения относительной диэлектрической проницаемости и тангенса угла диэлектрических потерь стандартного образца (опорные значения).

7.3.2.7 Повторить процедуру измерений со стандартными образцами диэлектрической проницаемости ГСО 7972-2011 и ГСО 5090-89.

7.3.2.8 Относительная погрешность измерений относительной диэлектрической проницаемости не должна превышать пределов $\pm 2 \%$.

Относительная погрешность измерений тангенса угла диэлектрических потерь не должна превышать пределов $\pm 20 \%$.

7.4 Определение характеристик резонатора без образца при нагреве

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

7.4.1 Ввести кассету в резонатор. Включить измерительный блок. На панели регулятора ТРМ 210 измерительного блока задать температуру нагрева $200 \text{ }^{\circ}\text{C}$.

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

7.4.2 Повторить измерения при температуре $400 \text{ }^{\circ}\text{C}$.

7.4.3 Значения характеристик резонатора (резонансной частоты и добротности) должны находиться в пределах, указанных в паспорте измерительного блока для каждой температуры.

8 Оформление результатов поверки

8.1 Результаты операций по поверке Установки ИРТХ-400 заносят в протокол поверки, рекомендуемая форма которого приведена в Приложении Б.

8.2 Положительные результаты поверки удостоверяют знаком поверки в виде наклейки в верхней части боковой панели измерительного блока и свидетельством о поверке, оформленном в соответствии с требованиями приложения 1 к Порядку проведения поверки средств измерений, требований к знаку поверки и содержанию свидетельства о поверке, утвержденному приказом Минпромторга России от 02 июля 2015 г. №1815.

8.3 В паспорте Установки делают запись о результатах поверки, заверенную подписью поверителя.

8.4 При отрицательных результатах поверки свидетельство о поверке аннулируется и выписывается извещение о непригодности в соответствии с требованиями приложения 2 к Порядку проведения поверки средств измерений, требований к знаку поверки и

содержанию свидетельства о поверке, утвержденному приказом Минпромторга России от 02 июля 2015 г. № 1815.

8.5 В паспорте Установки делают запись о результатах поверки, заверенную подписью поверителя.

Протокол поверки №

«__» _____ 20__ г.

Установки для измерения радиотехнических характеристик
диэлектрических материалов в диапазоне температур от 20 до 400 °С
ИРХТ-400 № 02-2017

ГР СИ № _____

1 Изготовитель Восточно-Сибирский филиал ФГУП «ВНИИФТИ»**2 Методика поверки** Установка для измерения радиотехнических характеристик диэлектрических материалов в диапазоне температур от 20 до 400 °С ИРХТ-400. Руководство по эксплуатации. УБЖК.410114.001РЭ, приложение А**3 Средства поверки**

Наименование, тип	Метрологические характеристики	Свидетельство о поверке/сертификат калибровки/аттестат, №, дата
ГСО	$\varepsilon=$ _____, $\delta_\varepsilon \pm$ _____ % $\text{tg}\delta=$ _____, $\delta_{\text{tg}\delta} \pm$ _____ %	
ГСО	$\varepsilon=$ _____, $\delta_\varepsilon \pm$ _____ % $\text{tg}\delta=$ _____, $\delta_{\text{tg}\delta} \pm$ _____ %	
ГСО	$\varepsilon=$ _____, $\delta_\varepsilon \pm$ _____ % $\text{tg}\delta=$ _____, $\delta_{\text{tg}\delta} \pm$ _____ %	
Преобразователь термоэлектрический серии ТХА(К)	диапазон рабочих температур от минус 40 до плюс 1200 °С; пределы абсолютной допускаемой погрешности $\pm 1,5$ °С	
Измеритель-регулятор микропроцессорный ТРМ210-Щ1	Диапазон измерений от 0 до 1750 °С, ПГ $\pm 0,5$ %	
Имитатор образца		

4 Условия поверки

температура _____ °С;
относительная влажность воздуха _____ %;
атмосферное давление _____ мм рт. ст.;
электрическое напряжение питания _____ В;
частота электрического напряжения _____ Гц;
вибрации, удары _____

5 Результаты поверки**5.1 Внешний осмотр**

13 комплектность (соответствие формуляру) _____

14 повреждения (наличие) _____

15 Р2М-18А/1 № _____ поверен «__» _____ 20__ г., свидетельство о поверке № _____ (шифр знака поверки).

5.2 Опробование

5.2.1 Проверка диапазона рабочих температур

№ измерения	Показания контрольного измерителя, °С	Показания измерителя блока, °С	Отклонения температуры от заданного значения, °С	Допускаемое отклонение, °С
1				±4
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				

5.2.2 Идентификация программного обеспечения (ПО)

Таблица данных для контрольного примера

Параметр	Значение	Параметр	Значение	Параметр	Значение
T, °С	20	f0, ГГц	9.068000	τ, °С	20
Fi, %	40	Q0	24000	fε, ГГц	9.050000
P, мм рт.ст.	720	t, мм	2.500	Qε	11000
Результаты: ε = _____ tgδ = _____					

5.3 Определение метрологических характеристик

5.3.1 Определение рабочей частоты

рабочая частота f_0 =добротность Q_{00} =

5.3.2 Определение относительных погрешностей измерений относительной диэлектрической проницаемости и тангенса угла диэлектрических потерь

ГСО	Характеристики ГСО		Измеренные значения	Средние значения	Относительные погрешности измерений, %
	характеристика	значение			
	ε				
	tgδ				

	ε				
	$\operatorname{tg}\delta$				
	ε				
	$\operatorname{tg}\delta$				

5.3.2 Определение характеристик резонатора при нагреве

Температура нагрева, °С	Резонансная частота, ГГц		Добротность	
	измеренное значение	допускаемые значения	измеренное значение	допускаемые значения
200				
400				

Вывод: _____

Выдано свидетельство о поверке/извещение о непригодности № _____
от «__» _____ 20__ г.

Поверку провел

Подпись

инициалы, фамилия

Руководитель подразделения

Подпись

инициалы, фамилия