ГОСУДАРСТВЕННЫЙ СТАНДАРТ
СОЮЗА ССР

ДИОДЫ ПОЛУПРОВОДНИКОВЫЕ СВЧ

МЕТОДЫ ИЗМЕРЕНИЯ ТЕПЛОВОГО СОПРОТИВЛЕНИЯ ПЕРЕХОД—КОРПУС И ИМПУЛЬСНОГО ТЕПЛОВОГО СОПРОТИВЛЕНИЯ

ГОСТ 19656.15—84

Издание официальное

ВНИИКИ

Цена 10 коп.

ГОСУДАРСТВЕННЫЙ КОМИТЕТ СССР ПО СТАНДАРТАМ
Москва

gost.e-ecolog.ru

Редактор *Т. С. Шеко*
Технический редактор *Н. В. Келейникова*
Корректор *Л. А. Сицица*

Сдано в наб. 03.10.84 Подп. в печ. 06.12.84 1,5 усл. п. л. 1,5 усл. кр.-отт. 1,42 уч.-изд. л. Тир. 10 000 Цена 10 коп.

Ордена «Знак Почета» Издательство стандартов, 123840, Москва, ГСП, Новопресненский пер., 3.
Калужская типография стандартов, ул. Московская, 256. Зак. 2818

УДК 621.382.2.029.6:006.354 Группа Э29

ГОСУДАРСТВЕННЫЙ СТАНДАРТ СОЮЗА ССР

ДИОДЫ ПОЛУПРОВОДНИКОВЫЕ СВЧ

Методы измерения теплового сопротивления переход—корпус и импульсного теплового сопротивления

Semiconductor UHF diodes. Measurement methods of thermal resistance and pulse thermal resistance

ГОСТ 19656.15—84

ОКП 62 1800

Постановлением Государственного комитета СССР по стандартам от 24 августа 1984 г. № 2996 срок действия установлен

с 01.01.86
до 01.01.94
(1/90)

Несоблюдение стандарта преследуется по закону

Настоящий стандарт распространяется на полупроводниковые диоды СВЧ и устанавливает следующие методы измерения тепловых сопротивлений.

Метод измерения теплового сопротивления переход — корпус* $R_{\theta\ пер-кор}$ и импульсного теплового сопротивления $R_{\theta\ и}$ с использованием зависимости прямого напряжения диода от температуры и разогревом импульсами СВЧ-мощности, применяемый для всех СВЧ-диодов, кроме диодов Ганна и лавинно-пролетных диодов (метод I).

Метод измерения $R_{\theta\ пер-кор}$ и $R_{\theta\ и}$ с использованием зависимости прямого напряжения диода от температуры и разогревом импульсами прямого тока, применяемый для всех СВЧ-диодов, кроме диодов Ганна и лавинно-пролетных диодов, при автоматизированных измерениях в условиях производства (метод II).

Метод измерения $R_{\theta\ пер-кор}$ с использованием зависимости порогового тока диодов Ганна от температуры. (метод III).

Метод измерения $R_{\theta\ пер-кор}$ с использованием зависимости обратного напряжения лавинно-пролетного диода от температуры (метод IV).

Общие требования и требования безопасности — по ГОСТ 19656.0—74.

* Переход — теплоотводящая поверхность для бескорпусных диодов.

Издание официальное ★ Перепечатка воспрещена

© Издательство стандартов, 1984

1. МЕТОД ИЗМЕРЕНИЯ $R_{\Theta\ пер-кор}$ И $R_{\Theta\ и}$ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЗАВИСИМОСТИ ПРЯМОГО НАПРЯЖЕНИЯ ДИОДА ОТ ТЕМПЕРАТУРЫ И РАЗОГРЕВОМ ИМПУЛЬСАМИ СВЧ-МОЩНОСТИ (МЕТОД I)

1.1. Принцип, условия и режим измерений

1.1.1. Измерение тепловых сопротивлений заключается в определении приращения температуры перехода в результате рассеивания в диоде определенной мощности СВЧ-импульса.

1.1.2. Для типа диодов или конкретного диода должен быть определен температурный коэффициент прямого напряжения (ТКН) методом, приведенным в обязательном приложении 1.

1.1.3. Изменение прямого напряжения диода под действием СВЧ-импульса показано на черт. 1. Период следования импульсов T выбирают из условия

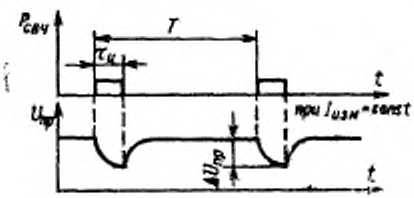
$$T - \tau_и \geqslant 3\tau_т ,$$

где $\tau_т$ — время тепловой релаксации диода.

При измерении $R_{\Theta пер-кор}$ длительность импульсов $\tau_и$ выбирают из условия

$$\tau_и = (3—5)\tau_т .$$

Измерение $R_{\Theta и}$ проводят при нормированной длительности импульса.



Черт. 1

1.1.4. Значение импульсной рассеиваемой мощности, длительности импульсов и периода их следования должны соответствовать установленным в стандартах или технических условиях (ТУ) на диоды конкретных типов.

1.2. Аппаратура

1.2.1. Измерения следует проводить на установке, структурная схема которой приведена на черт. 2.

1.2.2. Генератор СВЧ-мощности должен обеспечивать подачу на диод импульса СВЧ-мощности с заданной длительностью и периодом следования; погрешность установки длительности импульсов и периода следования не должна выходить за пределы ±5 %; длительность фронтов $\leqslant 0{,}05\ \tau_т$.

Погрешность регулировки и измерения импульсной мощности не должна выходить за пределы ±10 %.

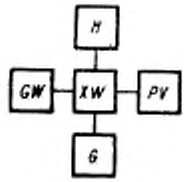
1.2.3. Измеритель КСВН должен обеспечивать измерение КСВН в импульсном режиме от 1,1 до 2,0, погрешность — в пределах ±15 %.

1.2.4. Диодная измерительная камера должна обеспечивать:

согласование проверяемых диодов до КСВН ≤ 1,4 при заданном прямом токе;

тепловое сопротивление между корпусом диода и диодной камерой для диодов в корпусе или между теплоотводящей поверхностью диода и диодной камерой для бескорпусных диодов не более 5 % измеряемого теплового сопротивления;

коэффициент потерь СВЧ-мощности в элементах конструкции камеры (K_P), определенный для конкретного диода или диодов данного типа методом, приведенным в справочном приложении 2, не более 0,2.



GW—генератор СВЧ-мощности; *H*—измеритель коэффициента стоячей волны по напряжению (КСВН); *XW*—диодная измерительная камера с диодом; *G*—источник постоянного тока; *PV*—измеритель изменения прямого напряжения $\Delta U_{пр}$

Черт. 2

1.2.5. Источник постоянного тока должен обеспечивать:

внутреннее сопротивление не менее 10 кОм;

амплитуду напряжения пульсаций не более 0,02 %.

Суммарная нестабильность задаваемого тока при работе на реальную нагрузку не должна выходить за пределы ±2 %.

1.2.6. Погрешность измерения изменения прямого напряжения на диоде $\Delta U_{пр}$ измерителем *PV* не должна выходить за пределы ±10 %.

1.3. Подготовка и проведение измерений

1.3.1. Устанавливают проверяемый диод в диодную камеру.

1.3.2. Задают через диод прямой ток.

1.3.3. Подают на диод импульсы СВЧ-мощности и проводят согласование диода.

1.3.4. Измеряют значение $\Delta U_{пр}$.

1.4. Обработка результатов измерений

1.4.1. Тепловое сопротивление R_Θ, °С/Вт, определяют по формуле

$$R_\Theta = \frac{\Delta U_{пр}}{ТКН \cdot P_r(1-K_p)}, \qquad (1)$$

где $U_{пр}$ — изменение прямого напряжения диода, мВ;

ТКН — температурный коэффициент прямого напряжения диода, определенный методом, приведенным в обязательном приложении 1, мВ/°С;

$P_г$ — импульсная мощность генератора СВЧ-мощности, Вт;

$K_р$ — коэффициент потерь в диодной камере, определенный методом, приведенным в справочном приложении 2.

1.5. Показатели точности измерений

1.5.1. Погрешность измерения тепловых сопротивлений не должна выходить за пределы ±25 % с доверительной вероятностью 0,997.

1.5.2. Расчет погрешности измерения теплового сопротивления приведен в справочном приложении 3.

2. МЕТОД ИЗМЕРЕНИЯ $R_{\Theta\ пер-кор}$ И $R_{\Theta\ и}$ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЗАВИСИМОСТИ ПРЯМОГО НАПРЯЖЕНИЯ ДИОДА ОТ ТЕМПЕРАТУРЫ И РАЗОГРЕВОМ ИМПУЛЬСАМИ ПРЯМОГО ТОКА (МЕТОД II)

2.1. Принцип, условия и режим измерений

2.1.1. Измерение тепловых сопротивлений заключается в определении приращения температуры перехода в результате рассеивания в диоде определенной мощности импульса прямого тока.

2.1.2. Для типа диодов или конкретного диода должен быть определен температурный коэффициент прямого напряжения (ТКН) методом, приведенным в обязательном приложении 1.

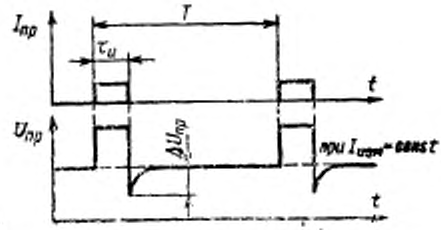
2.1.3. Изменение прямого напряжения диода под действием импульса прямого тока показано на черт. 3. Период следования импульсов T выбирают из условия:

$$T - \tau_и \geqslant 3\tau_т .$$

При измерении $R_{\Theta\ пер-кор}$ длительность импульсов $\tau_и$ выбирают из условия:

$$\tau_и = (3—5)\tau_т .$$

Измерение $R_{\Theta\ и}$ проводят при нормированной длительности импульса.

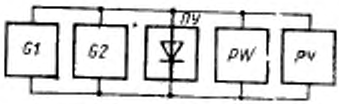


Черт. 3

2.1.4. Значения амплитуды импульса прямого тока, длительности импульсов и периода их следования, при которых проводят измерения, должны соответствовать установленным в стандартах или ТУ на диоды конкретных типов.

2.2. Аппаратура

2.2.1. Измерения следует проводить на установке, структурная схема которой приведена на черт. 4.



G1—импульсный генератор тока; *G2*—источник постоянного тока; *ПУ*—подключающее устройство с диодом; *PW*—измеритель мощности; *PV*—измеритель изменения прямого напряжения $\Delta U_{пр}$

Черт. 4

2.2.2. Импульсный генератор должен обеспечивать:

подачу на диод импульсов прямого тока с заданной длительностью и периодом следования; погрешность установки длительности импульсов и периода следования не должна выходить за пределы $\pm 5\,\%$; длительность фронтов $\leqslant 0{,}05\ \tau_т$;

внутреннее сопротивление не менее 500 Ом.

Погрешность установки амплитуды импульсов прямого тока не должна выходить за пределы $\pm 3\,\%$.

2.2.3. Источник постоянного тока — в соответствии с требованиями п. 1.2.5.

2.2.4. Погрешность измерения импульсной мощности, рассеиваемой в диоде, измерителем мощности *PW* не должна выходить за пределы $\pm 7\,\%$.

2.2.5. Измеритель изменения прямого напряжения $\Delta U_{пр}$ — в соответствии с требованиями п. 1.2.6.

2.2.6. Подключающее устройство должно обеспечивать:

переходное сопротивление контактов не более 0,01 Ом;

тепловое сопротивление между корпусом диода и *ПУ* для диодов в корпусе или между теплоотводящей поверхностью диода и *ПУ* для бескорпусных диодов должно быть не более 5 % значения измеряемого теплового сопротивления.

2.3. Подготовка и проведение измерений

2.3.1. Устанавливают диод в подключающее устройство.

2.3.2. Задают через диод прямой ток.

2.3.3. Подают на диод импульсы прямого тока и измеряют рассеиваемую в диоде мощность.

2.3.4. Измеряют значение $\Delta U_{пр}$.

2.4. Обработка результатов измерений

2.4.1. Тепловое сопротивление R_Θ, °С/Вт, определяют по формуле

$$R_\Theta = \frac{\Delta U_{пр}}{ТКН \cdot P}, \qquad (2)$$

где $\Delta U_{пр}$ — изменение прямого напряжения диода, мВ;

ТКН — температурный коэффициент прямого напряжения диода, определенный методом, приведенным в обязательном приложении 1, мВ/°С;

P — импульсная мощность, рассеиваемая в диоде, Вт.

2.5. Показатели точности измерений

2.5.1. Погрешность измерения тепловых сопротивлений не должна выходить за пределы ±25 % с доверительной вероятностью 0,997.

2.5.2. Расчет *погрешности измерения теплового сопротивления* приведен в справочном приложении 3.

3. МЕТОД ИЗМЕРЕНИЯ $R_{\Theta\ пер-кор}$ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЗАВИСИМОСТИ ПОРОГОВОГО ТОКА ДИОДОВ ГАННА ОТ ТЕМПЕРАТУРЫ (МЕТОД III)

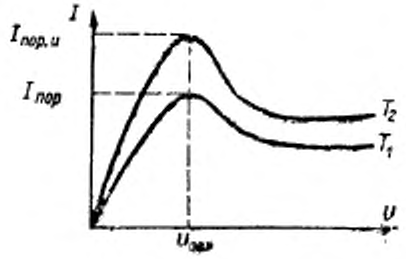
3.1. Принцип, условия и режим измерений

3.1.1. Измерение теплового сопротивления заключается в определении разности температур между активной областью диода и корпусом при рассеивании определенной мощности постоянного тока.

3.1.2. Разность температур между активной областью диода и корпусом определяют исходя из измерений температуры корпуса при равенстве пороговых токов для двух электрических режимов: рассеивании в диоде мощности постоянного тока и неразогревающем импульсном режиме и подогреве корпуса внешним *нагревателем*.

3.1.3. На черт. 5 представлены вольт-амперные характеристики диода Ганна при двух температурах активной области, причем $T_1 > T_2$. При нагреве корпуса внешним нагревателем значение импульсного порогового тока уменьшается и при равенстве его значения значению постоянного импульсного тока температура корпуса соответствует температуре активной области при рассеивании мощности постоянного тока.

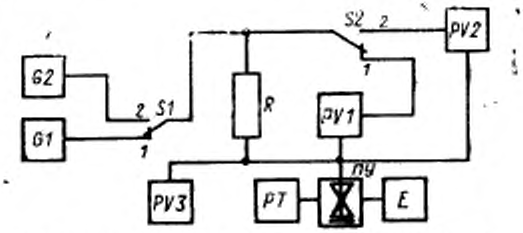
3.1.4. Значения длительности и периода следования импульсов, при которых проводят измерение, должны соответствовать установленным в стандартах или ТУ на диоды конкретных типов.



Черт. 5

3.2. Аппаратура

3.2.1. Измерения следует проводить на установке, структурная схема которой приведена на черт. 6.



G1—источник постоянного напряжения; *G2*—генератор импульсов напряжения; *S1*, *S2*—переключатели; *R*—измерительный резистор; *PV1*, *PV3*—измерители постоянного напряжения; *PV2*—измеритель импульсного напряжения; *E*—нагреватель; *ПУ*—подключающее устройство с диодом; *PT*—измеритель температуры

Черт. 6

3.2.2. Источник постоянного напряжения должен обеспечивать:

установку и поддержание порогового напряжения диода, погрешность — в пределах ±2 %;

внутреннее сопротивление — не более 0,1 $(R+r)$ Ом,

где R — сопротивление измерительного резистора, Ом;

r — сопротивление диода, Ом.

3.2.3. Генератор импульсов напряжения должен обеспечивать: установку и поддержание амплитуды импульсов, погрешность — в пределах ±2 %, длительность импульсов $\leqslant 0{,}05\,\tau_т$;

внутреннее сопротивление — не более 0,1 $(R+r)$, Ом,

где R — сопротивление измерительного резистора, Ом;

r — сопротивление диода, Ом.

3.2.4. Измерители постоянного напряжения должны отвечать следующим требованиям:

погрешность измерения постоянного напряжения не должна выходить за пределы ±2 %,

ток, проходящий через измерители, должен быть не более 1 % значения порогового тока проверяемого диода.

3.2.5. Измеритель импульсного напряжения должен отвечать следующим требованиям:

погрешность измерения импульсного напряжения не должна выходить за пределы ±10 %;

ток, проходящий через измеритель, должен быть не более 1 % значения порогового тока проверяемого диода.

3.2.6. Нагреватель должен обеспечивать нагрев корпуса диода до температуры 200 °С.

3.2.7. Подключающее устройство должно обеспечивать:

переходное сопротивление контактов не более 0,01 Ом в диапазоне рабочих температур;

тепловое сопротивление между корпусом диода и *ПУ* для диодов в корпусе или между теплоотводящей поверхностью диода и *ПУ* для бескорпусных диодов должно быть не более 5 % значения измеряемого теплового сопротивления.

3.2.8. Погрешность измерения температуры корпуса измерителем температуры не должна выходить за пределы ±1,5 °С.

3.3. Подготовка и проведение измерений

3.3.1. Устанавливают диод в подключающее устройство. Переключатели *S1, S2* устанавливают в положение *1*.

3.3.2. С помощью источника постоянного напряжения задают постоянный пороговый ток через диод по максимуму показаний измерителя *PV1*. Значение порогового тока $I_{пор}$, А, определяют по формуле

$$I_{пор}=\frac{U}{R}, \qquad (3)$$

где U — показания измерителя *PV1*, В;

R — сопротивление измерительного резистора, Ом.

3.3.3. Измеряют значение порогового напряжения $U_{пор}$ и температуру корпуса диода T_1.

3.3.4. Устанавливают переключатели *S1, S2* в положение *2* и задают значение порогового тока в импульсном режиме $I_{пор.и}$ с помощью генератора импульсов по максимуму показаний измерителя *PV2*.

3.3.5. Включают нагреватель и измеряют температуру корпуса диода T_2 в момент равенства значения импульсного порогового тока значению постоянного порогового тока.

3.4. Обработка результатов измерений

3.4.1. Тепловое сопротивление $R_{\Theta\,пер-кор}$, °С/Вт, определяют по формуле

$$R_{\Theta пер-кор} = \frac{T_2 - T_1}{I_{пор} \cdot U_{пор}}, \qquad (4)$$

где T_1 — температура корпуса диода в режиме постоянного порогового тока, °С;

T_2 — температура корпуса диода при внешнем нагреве и импульсном электрическом режиме, °С;

$I_{пор}$ — постоянный пороговый ток, А;

$U_{пор}$ — постоянное пороговое напряжение, В.

3.5. Показатели точности измерений

3.5.1. Погрешность измерения теплового сопротивления не должна выходить за пределы ±25 % с доверительной вероятностью 0,997.

3.5.2. Расчет погрешности $R_{\Theta\,пер-кор}$ приведен в справочном приложении 3.

4. МЕТОД ИЗМЕРЕНИЯ $R_{\Theta\,пер-кор}$ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЗАВИСИМОСТИ ОБРАТНОГО НАПРЯЖЕНИЯ ЛАВИННО-ПРОЛЕТНЫХ ДИОДОВ ОТ ТЕМПЕРАТУРЫ (МЕТОД IV)

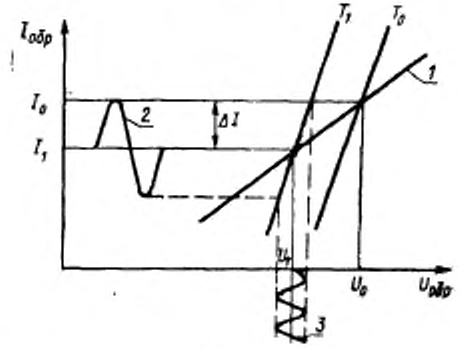
4.1. Принцип, условия и режим измерений

4.1.1. Измерение теплового сопротивления заключается в определении разности температур между переходом и корпусом диода при рассеивании в диоде определенной мощности постоянного тока.

4.1.2. Разность температур между переходом и корпусом определяют исходя из измерений температуры корпуса диода при равенстве обратных напряжений для двух электрических режимов: при рассеивании в диоде мощности постоянного тока I_0U_0, при рассеивании меньшей мощности $(I_0 - \Delta I)\ U_0$, подогреве корпуса диода внешним нагревателем и подаче на диод неразогревающего переход высокочастотного тока с амплитудой ΔI.

4.1.3. На черт. 7 представлены статическая вольт-амперная характеристика (*1*) и изотермические вольт-амперные характеристики, соответствующие постоянным температурам перехода T_0 и T_1, причем $T_0 > T_1$. При подаче высокочастотного тока (*2*) амплитуда обратного напряжения (*3*) изменяется в соответствии с изотермической характеристикой T_1. Нагрев корпуса внешним нагревателем увеличивает обратное напряжение и при равенстве его амплитудного значения значению V_0 температура перехода будет равна T_0.

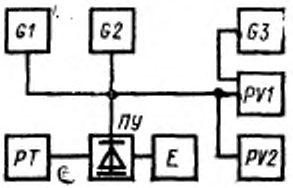
4.1.4. Значения постоянного обратного тока и частоты генератора высокочастотного тока, при которых проводят измерения, должны соответствовать установленным в стандартах или ТУ на диоды конкретных типов.



Черт. 7

4.2. Аппаратура

4.2.1. Измерения следует проводить на установке, структурная схема которой приведена на черт. 8.



G1—источник постоянного тока; *G2*—генератор тока высокой частоты; *G3*—источник опорного напряжения; *PV1*—измеритель амплитуды обратного напряжения; *PV2*—измеритель постоянного обратного напряжения; *PT*—измеритель температуры корпуса *ПУ*; *E*—нагреватель; *ПУ*—подключающее устройство с диодом.

Черт. 8

4.2.2. Источник постоянного тока должен обеспечивать: ступенчатое уменьшение тока на значение $\Delta I = I_0 - I_1$; погрешность — в пределах ± 1 %;

погрешность задания тока I_0 в пределах ±5 %;

внутреннее сопротивление не менее 10 кОм;

нестабильность тока за время измерения диода в пределах ±0,2 %.

4.2.3. Генератор тока высокой частоты должен обеспечивать:

установку и поддержание высокочастотного тока с амплитудой, равной $\Delta I = I_0 - I_1$;

суммарную погрешность — в пределах ±4 %;

период колебаний — не более 0,05 $\tau_т$;

внутреннее сопротивление — не менее 1 кОм.

4.2.4. Источник опорного напряжения должен обеспечивать:

установку и поддержание напряжения в пределах, необходимых для компенсации обратного напряжения диода;

суммарную нестабильность напряжения — в пределах ±0,02 %.

4.2.5. Погрешность измерения амплитудного значения обратного напряжения относительно опорного напряжения измерителем напряжения *PV1* не должна выходить за пределы ±2 %.

4.2.6. Погрешность измерения обратного напряжения диода измерителем постоянного обратного напряжения *PV2* не должна выходить за пределы ±2 %.

4.2.7. Погрешность измерения приращения температуры измерителем температуры корпуса *ПУ* не должна выходить за пределы ±5 %.

4.2.8. Нагреватель должен обеспечивать нагрев корпуса диода относительно первоначальной температуры не менее чем на 10 °С.

4.2.9. Подключающее устройство должно обеспечивать тепловое сопротивление между корпусом диода и *ПУ* для диодов в корпусе или между теплоотводящей поверхностью диода и *ПУ* для бескорпусных диодов не более 10 % значения измеряемого теплового сопротивления.

4.3. Подготовка и проведение измерений

4.3.1. Устанавливают диод в подключающее устройство.

4.3.2. С помощью источника постоянного тока *G1* задают ток I_0. Калибруют измеритель температуры РТ при установившейся начальной температуре корпуса ПУ.

4.3.3. С помощью источника опорного напряжения *G3* устанавливают удобное для отсчета показание измерителя *PV1*.

4.3.4. Уменьшают значение тока I_0 на значение ΔI с помощью источника постоянного тока *G1* и включают генератор тока высокой частоты *G2* с амплитудой ΔI.

4.3.5. Включают нагреватель и измеряют температуру корпуса ПУ до совпадения показаний измерителя *PV1* с показаниями этого прибора, установленными в п. 4.3.3.

4.3.6. Измеряют обратное напряжение диода с помощью измерителя *PV2*.

4.3.7. Измеряют приращение температуры корпуса ПУ с помощью измерителя температуры РТ.

4.4. Обработка результатов измерений

4.4.1. Тепловое сопротивление $R_{\theta\,\text{пер–кор}}$, °С/Вт, определяют по формуле

$$R_{\theta\text{пер.–кор}} = \frac{\Delta T}{\Delta I U_0} - R_{\theta\text{кор.–ПУ}}, \qquad (5)$$

где ΔT — приращение температуры корпуса ПУ, измеренное измерителем температуры РТ, °С;

ΔI — изменение постоянного тока через диод, А;

U_0 — постоянное обратное напряжение диода, измеренное измерителем *PV2* при токе I_0, В;

$R_{\theta\,\text{кор–ПУ}}$ — тепловое сопротивление между корпусом диода и подключающим устройством, указанное в технической документации на измерительную установку, °С/В.

4.5. Показатели точности измерений

4.5.1. Погрешность измерения теплового сопротивления не должна выходить за пределы ±15 % с доверительной вероятностью 0,997 с учетом значения $R_{\theta\,\text{кор.–ПУ}}$, указанного в п. 4.4.1, и должна быть в пределах ±25 % с доверительной вероятностью 0,997, если значение $R_{\theta\,\text{кор.–ПУ}}$ не учитывается.

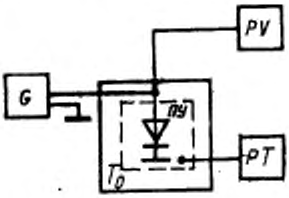
4.5.2. Расчет погрешности измерения $R_{\theta\,\text{пер–кор}}$ приведен в справочном приложении 3.

ПРИЛОЖЕНИЕ 1
Обязательное

МЕТОД ИЗМЕРЕНИЯ ТЕМПЕРАТУРНОГО КОЭФФИЦИЕНТА ПРЯМОГО НАПРЯЖЕНИЯ ДИОДА (ТКН)

1. Определение ТКН заключается в измерении прямого напряжения диода при протекании неразогревающего переход прямого тока для двух значений температуры корпуса.

2. Измерения следует проводить на установке, структурная схема которой приведена на чертеже.



G—источник постоянного тока;
T_0—термостатируемый объем;
ПУ—подключающее устройство;
PV—измеритель прямого напряжения; *PT*—измеритель температуры

2.1. Источник постоянного тока должен обеспечивать подачу на диод требуемого тока с общей стабильностью ±2 % и иметь внутреннее сопротивление не менее 10 кОм.

2.2. Термостатируемый объем должен обеспечивать задание и поддержание двух, отличающихся не менее чем на 20 °С, температур измерения диодов; погрешность — в пределах ±2 %.

2.3. Погрешность измерения в заданных пределах напряжения диода измерителем прямого напряжения *PV* не должна выходить за пределы ±0,5 %.

2.4. Погрешность измерения температуры измерителем температуры *PT* не должна выходить за пределы ±2 %.

2.5. Подключающее устройство должно иметь переходное сопротивление не более 0,01 Ом в диапазоне рабочих температур. Рекомендуется применять многопозиционные подключающие устройства.

3. **Порядок проведения измерений**

3.1. Диод, установленный в подключающее устройство, выдерживают при температуре T_1 в течение времени, достаточного для полного прогрева диода. Время выдержки зависит от типа термостатируемого объема и корпуса диода и устанавливается в технической документации на измерительную установку.

3.2. Задают ток через диод и измеряют прямое напряжение $U_{пр1}$.

3.3. Устанавливают температуру T_2, большую, чем T_1, и после выдержки измеряют прямое напряжение $U_{пр2}$.

4. Значение ТКН, мВ/°С, рассчитывают по формуле

$$ТКН = \frac{U_{пр1} - U_{пр2}}{T_2 - T_1},$$

ПРИЛОЖЕНИЕ 2
Справочное

МЕТОД ИЗМЕРЕНИЯ КОЭФФИЦИЕНТА ПОТЕРЬ СВЧ-МОЩНОСТИ В ЭЛЕМЕНТАХ КОНСТРУКЦИИ ДИОДНОЙ КАМЕРЫ

1. Определение коэффициента потерь СВЧ-мощности в элементах конструкции диодной камеры основано на измерении добротности камеры с эквивалентом короткого замыкания. Эквивалентом короткого замыкания является устройство, максимально близкое по своим размерам и конструкции к проверяемому диоду, в котором в месте установки полупроводниковой структуры осуществлено короткое замыкание.

2. Измерение добротности камеры следует проводить с помощью панорамного измерителя КСВН, при этом диодную камеру включают в качестве конечной нагрузки.

3. **Порядок проведения измерений**

3.1. Устанавливают в камеру эквивалент короткого замыкания и на частоте измерений теплового сопротивления f_0 проводят согласование камеры до КСВН $\leqslant 1{,}4$.

3.2. Измеряют полосу пропускания камеры $\Delta f_{к.з}$ по уровню КСВН-2 и рассчитывают добротность камеры с эквивалентом короткого замыкания $Q_{к.з}$ по формуле

$$Q_{к.з} = \frac{f_0}{\Delta f_{к.з}} .$$

3.3. Устанавливают в камеру проверяемый диод и на частоте f_0 проводят согласование камеры до КСВН $\leqslant 1{,}4$ при заданном прямом токе.

3.4. Измеряют полосу пропускания камеры $\Delta f_д$ по уровню КСВН $= 2$ и рассчитывают добротность камеры с проверяемым диодом $Q_д$ по формуле

$$Q_д = \frac{f_0}{\Delta f_д} .$$

3.5. Определяют коэффициент потерь СВЧ-мощности в элементах конструкции камеры K_P по формуле

$$K_P = \frac{Q_д}{Q_{к.з}} .$$

ПРИЛОЖЕНИЕ 3
Справочное

1. Расчет погрешности измерения теплового сопротивления, определяемого методами, приведенными в разд. 1 и 2 настоящего стандарта

1.1. Погрешность измерения теплового сопротивления δR_Θ измеренного методами, приведенными в разд. 1 и 2 настоящего стандарта, подчиняется нормальному закону распределения и рассчитывается по формуле

$$\delta R_\Theta = \sqrt{(\delta\Delta U_{пр})^2 + (\delta TKH)^2 + (\delta P)^2}, \quad (1)$$

где $\delta\Delta U_{пр}$ — предельное значение относительной погрешности измерения изменения прямого напряжения диода. Погрешность подчиняется нормальному закону распределения;

δTKH — предельное значение относительной погрешности измерения температурного коэффициента прямого напряжения диода. Погрешность подчиняется нормальному закону распределения;

δP — предельное значение относительной погрешности измерения мощности, рассеиваемой в диоде. Погрешность подчиняется нормальному закону распределения

1.2. Погрешность $\delta\Delta U_{пр}$, %, рассчитывают по формуле

$$\delta\Delta U_{пр} = +\delta\Delta U_1 - \delta\Delta U_2 \pm \sqrt{(\delta\Delta U_3)^2 + (\delta\Delta U_4)^2 + (\delta\Delta U_5)^2}, \quad (2)$$

где $\delta\Delta U_1$ — предельное значение относительной систематической погрешности измерения $\Delta U_{пр}$, вызываемой нагревом корпуса диода в процессе действия импульса;

$\delta\Delta U_2$ — предельное значение относительной систематической погрешности измерения $\Delta U_{пр}$, вызываемой рассеиванием накопленного заряда;

$\delta\Delta U_3$ — предельное значение относительной погрешности измерения $\Delta U_{пр}$, вызываемой нестабильностью и пульсациями источника тока. Погрешность подчиняется нормальному закону распределения;

$\delta\Delta U_4$ — предельное значение относительной погрешности измерения $\Delta U_{пр}$, вызываемой выделением огибающей СВЧ-импульса. Погрешность подчиняется нормальному закону распределения;

$\delta\Delta U_5$ — предельное значение относительной погрешности измерителя $\Delta U_{пр}$. Погрешность подчиняется нормальному закону распределения.

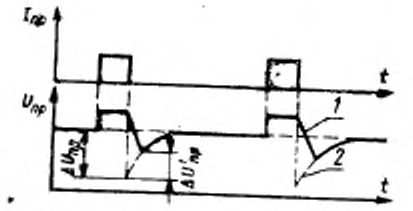
1.3. Погрешность $\delta\Delta U_1$ зависит от требований, предъявляемых к измерительной камере и подключающему устройству, и не должна превышать 5 %.

1.4. Погрешность $\delta\Delta U_2$ определяют по осциллограмме зависимости прямого напряжения диода $U_{пр}$ от времени при протекании через диод импульсного прямого тока, изображенной на черт. 1.

Погрешность $\delta\Delta U_2$, %, рассчитывают после определения значений $\Delta U_{пр}$ и $\Delta U'_{пр}$ из осциллограммы по формуле

$$\delta\Delta U_2 = \frac{\Delta U'_{пр}}{\Delta U_{пр}} \cdot 100. \quad (3)$$

Если погрешность $\delta\Delta U_2$ превышает 10 %, то должны быть приняты меры по ее снижению или учету.



1— реальная зависимость; 2—зависимость без учета явления рассасывания накопленного заряда.

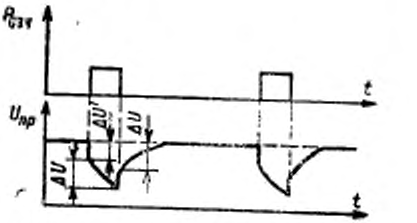
Черт. 1

1.5. Погрешность $\delta\Delta U_3$, %, рассчитывают по формуле

$$\delta\Delta U_3 = \frac{\Delta I_{изм} r_д}{U_{пр}}, \qquad (4)$$

где $\Delta I_{изм}$ — максимальная абсолютная нестабильность измерительного тока, А;
$r_д$ — последовательное сопротивление потерь проверяемого диода, Ом;
$U_{пр}$ — прямое напряжение диода при протекании через него измерительного тока, В

1.6. Погрешность $\delta\Delta U_4$ определяют по осциллограмме зависимости прямого напряжения диода $U_{пр}$ от времени при рассеянии в диоде импульсной СВЧ-мощности, изображенной на черт. 2.



ΔU—изменение прямого напряжения за счет нагрева перехода СВЧ-мощностью;
$\Delta U'$—изменение прямого напряжения диода за счет выделения огибающей импульса СВЧ мощности

Черт. 2

Погрешность $\delta\Delta U_4$, %, рассчитывают по формуле

$$\delta\Delta U_4 = \frac{\Delta U'}{\Delta U + \Delta U'} \cdot 100. \qquad (5)$$

Если погрешность $\delta\Delta U_4$ выходит за пределы ± 5 %, то должны быть приняты меры по ее снижению или учету.

1.7. Погрешность $\delta\Delta U_5$ зависит от требований, предъявляемых к измерителю, и не должна выходить за пределы ± 10 %.

1.8. Значение погрешности $\delta\Delta U_{пр}$, %, рассчитанное по формуле (2), составляет

$$\delta\Delta U_{пр}=+5-10\pm\sqrt{5^2+2^2+10^2}=-5\pm11=\begin{matrix}+6\\-16\end{matrix}.$$

1.9. Погрешность ТКН, %, рассчитывают по формуле

$$\delta\text{ТКН}=\sqrt{2(\delta U_{пр})^2+(\delta\Delta T)^2}, \qquad (6)$$

где $\delta U_{пр}$ — предельное значение относительной погрешности измерения прямого напряжения диода. Погрешность подчиняется нормальному закону распределения;

$\delta\Delta T$ — предельное значение относительной погрешности измерения разности температур. Погрешность подчиняется нормальному закону распределения.

1.10. Погрешность $\delta U_{пр}$, %, рассчитывают по формуле

$$\delta U_{пр}=\sqrt{(\delta U_1)^2+(\delta U_2)^2}, \qquad (7)$$

где δU_1 — предельное значение относительной погрешности измерения прямого напряжения, вызванной нестабильностью измерительного тока, определяемой по п. 1.5 настоящего приложения. Погрешность подчиняется нормальному закону распределения;

δU_2 — предельное значение относительной погрешности средств измерения напряжения. Погрешность подчиняется нормальному закону распределения и не должна выходить за пределы ±0,5 % при использовании цифрового вольтметра.

1.11. Погрешность $\delta\Delta T$ рассчитывают в зависимости от применяемого оборудования, обеспечивающего измерение $U_{пр}$ при двух температурах, ее значение не должно выходить за пределы ±3 % при разности температур более 20 °С.

1.12. Значение погрешности ТКН, %, рассчитанное по формуле (6) составляет

$$\delta\text{ТКН}=\pm\sqrt{2\cdot(2,5)^2+3^2}=\pm4,6.$$

1.13. При усреднении значения ТКН для данного типа диодов максимальное отклонение от среднего значения не должно выходить за пределы ±10 %. При этом значение погрешности δТКН не должно выходить за пределы ±12 %.

1.14. Погрешность δP, %, при измерении методом, приведенным в разд. 1 настоящего стандарта рассчитывают по формуле

$$\delta P=-\delta P_{отр}-\delta P_к-\delta P_г, \qquad (8)$$

где $\delta P_{отр}$ — предельное значение систематической относительной погрешности определения мощности, вызываемой конечным значением согласования измерительной камеры с диодом с трактом СВЧ;

$\delta P_к$ — предельное значение систематической относительной погрешности определения мощности, вызываемой потерями в измерительной диодной камере;

$\delta P_г$ — предельное значение относительной погрешности установки и измерения мощности СВЧ-генератора. Погрешность подчиняется нормальному закону распределения.

Значение погрешности δP не должно выходить за пределы ±10 %.

1.15. Погрешность δP, %, при измерении методом, приведенным в разд. 2 настоящего стандарта, рассчитывают в каждом конкретном случае с учетом применяемого оборудования, ее значение не должно выходить за пределы ±10 %.

1.16. Погрешность измерения δR_Θ, %, рассчитанная по формуле (1), при подстановке максимальных значений составляющих погрешности составляет

$$\delta R_\Theta=\sqrt{16,5^2+12,5^2+10^2}=\pm23.$$

2. Расчет погрешности измерения теплового сопротивления, измеренного методом, приведенным в разд. 3 настоящего стандарта

2.1. Погрешность измерения теплового сопротивления $\delta R_{\Theta\ пер-кор}$ подчиняется нормальному закону распределения и рассчитывается по формуле

$$\delta R_{\Theta пер.-кор}=\sqrt{(\delta U_{пор})^2+(\delta I_{пор})^2+(\delta I_{пор.и})^2+\frac{T_2\delta T_1+T_1\delta T_2}{(T_2-T_1)^2}}, \quad (9)$$

где $\delta U_{пор}$ — предельное значение относительной погрешности измерения постоянного порогового напряжения. Погрешность подчиняется нормальному закону распределения;

$\delta I_{пор}$ — предельное значение относительной погрешности измерения постоянного порогового тока. Погрешность подчиняется нормальному закону распределения;

$\delta I_{пор.и}$ — предельное значение относительной погрешности измерения импульсного порогового тока. Погрешность подчиняется нормальному закону распределения;

T_1 — значение температуры корпуса при протекании постоянного порогового тока;

T_2 — значение температуры корпуса при внешнем подогреве;

δT_1 — предельное значение относительной погрешности измерения температуры корпуса при протекании постоянного порогового тока. Погрешность подчиняется нормальному закону распределения;

δT_2 — предельное значение относительной погрешности измерения температуры корпуса при внешнем подогреве. Погрешность подчиняется нормальному закону распределения.

2.2. Погрешность $\delta U_{пор}$ зависит от требований, предъявляемых к измерителю постоянного напряжения и не должна выходить за пределы ±2 %.

2.3. Погрешность $\delta I_{пор}$, %, рассчитывают по формуле

$$\delta I_{пор}=\sqrt{(\delta U)^2+(\delta R)^2}, \quad (10)$$

где δU — предельное значение относительной погрешности измерителя постоянного напряжения, не должно выходить за пределы ±2 %. Погрешность подчиняется нормальному закону распределения;

δR — предельное относительное отклонение от номинального значения измерительного резистора, не должно выходить за пределы ±1 %.

Погрешность подчиняется нормальному закону распределения.

Значение погрешности $\delta I_{пор}$, рассчитанное по формуле (10) составляет ±2,3 %.

2.4. Погрешность $\delta I_{пор.и}$ рассчитывают по формуле

$$\delta I_{пор.и}=\delta I_1\pm\sqrt{(\delta I_2)^2+(\delta I_3)^2}, \quad (11)$$

где δI_1 — предельное значение относительной систематической погрешности измерения импульсного порогового тока, вызываемой индуктивным выбросом на вершине измеряемого импульса. Значение погрешности δI_1 не должно превышать 5 %.

Допускается применение цепей коррекции;

δI_2 — предельное значение относительной погрешности измерителя импульсного напряжения, не должно выходить за пределы ±10 %. Погрешность подчиняется нормальному закону распределения;

δI_3 — предельное относительное отклонение от номинального значения сопротивления измерительного резистора, не должно выходить за пределы ±1 %. Погрешность подчиняется нормальному закону распределения.

2.5. Значение погрешности $\delta I_{\text{пор.и}}$, %, рассчитанное по формуле (11), составляет

$$\delta I_{\text{пор.и}} = -5 \pm \sqrt{10^2 + 1^2} = -5 \pm 10 = {}^{+15}_{-5}$$

2.6. Погрешность δT_1, %, рассчитывают по формуле

$$\delta T_1 = -\delta T_{\text{к}} \pm \delta T_{\text{изм}}, \qquad (12)$$

где $\delta T_{\text{к}}$ — предельное значение относительной систематической погрешности измерения температуры за счет разности между температурой корпуса диода и температурой ПУ, не должно превышать 3 %;

$\delta T_{\text{изм}}$ — предельное значение относительной погрешности измерителя температуры при минимальной температуре корпуса 25 °С, не должно выходить за пределы ±6 %. Погрешность подчиняется нормальному закону распределения.

Значение погрешности δT_1, %, рассчитанное по формуле (12), составляет ±11 %.

2.7. Погрешность δT_2, %, рассчитывают по формуле

$$\delta T_2 = -\delta T_{\text{к}} \pm \sqrt{(\delta T_{\text{вр}})^2 + (\delta T_{\text{изм}})^2}, \qquad (13)$$

где $\delta T_{\text{к}}$ — по п. 2.6;

$\delta T_{\text{вр}}$ — предельное значение относительной погрешности измерения температуры, возникающей за счет изменения температуры корпуса за время реакции оператора в момент равенства импульсного и постоянного пороговых токов, которое рассчитывают в зависимости от применяемого оборудования при скорости нагрева 5 °С и времени реакции оператора 0,5 с, значение погрешности $\delta T_{\text{вр}}$ не должно превышать 5 %. Погрешность подчиняется нормальному закону распределения.

$\delta T_{\text{изм}}$ — предельное значение относительной погрешности измерителя температуры, которое при минимальной температуре корпуса 75 °С не должно превышать 2 %. Погрешность подчиняется нормальному закону распределения.

2.8. Значение погрешности δT_2, %, рассчитанное по формуле (13), составляет

$$\delta T_2 = -5 \pm \sqrt{5^2 + 2^2} = (-5 \pm 5{,}4) = {}^{+0{,}4}_{-10{,}4}.$$

2.9. Погрешность измерения $\delta R_{\theta\ \text{пер}-\text{кор}}$, %, рассчитанная по формуле (9), при подстановке максимальных значений составляющих погрешности составляет

$$\delta R_{\theta\text{пер.}-\text{кор}} = \sqrt{2^2 + 2{,}3^2 + 15^2 + \frac{25{,}6 + 75 \cdot 10{,}5}{50}} = 24.$$

3. Расчет погрешности измерений теплового сопротивления измеренного методом, приведенным в разд. 4 настоящего стандарта

3.1. Погрешность измерения теплового сопротивления $\delta R_{\theta\ \text{пер}-\text{кор}}$ подчиняется нормальному закону распределения и рассчитывается по формуле

$$\delta R_{\theta\text{пер.}-\text{кор}} = \sqrt{(\delta\Delta T)^2 + (\delta\Delta I)^2 + (\delta I_0)^2 + (\delta U_{\text{оп}})^2 + (\delta R_{\theta\text{кор.}-\text{ПУ}})^2}, \qquad (14)$$

где $\delta\Delta T$ — предельное значение относительной погрешности измерения ΔT. Погрешность подчиняется нормальному закону распределения:

$\delta\Delta I$ — предельное значение относительной погрешности измерения $R_{\theta\ \text{пер}-\text{кор}}$, вызванное погрешностью задания и нестабильностью ΔI. Погрешность подчиняется нормальному закону распределения.

δI_0 — предельное значение относительной погрешности измерения $R_{\Theta\ пер-кор}$, вызванное нестабильностью постоянного тока I_0. Погрешность подчиняется нормальному закону распределения;

δU_0 — предельное значение относительной погрешности измерения V_0, которое не должно выходить за пределы ±2 %. Погрешность подчиняется нормальному закону распределения;

$\delta U_{оп}$ — предельное значение относительной погрешности измерения $R_{\Theta\ пер-кор}$, вызванное нестабильностью источника опорного напряжения. Погрешность подчиняется нормальному закону распределения;

$\delta R_{\Theta\ кор.-ПУ}$ — предельное значение относительной погрешности измерения $R_{\Theta\ пер-кор}$, вызванное погрешностью измерения $R_{\Theta\ кор-ПУ}$, которое не должно выходить за пределы ±2 %. Погрешность подчиняется нормальному закону распределения.

3.2 Погрешность $\delta\Delta T$, %, рассчитывают по формуле

$$\delta\Delta T=\sqrt{(\delta\Delta T_1)^2+(\delta\Delta T_2)^2}, \qquad (15)$$

где $\delta\Delta T_1$ — предельное значение относительной погрешности измерителя температуры, которое не должно выходить за пределы ±7 %. Погрешность подчиняется нормальному закону распределения;

$\delta\Delta T_2$ — предельное значение относительной погрешности измерения приращения температуры, вызываемой точностью совмещения спектром показаний измерителя *PVI*, которое не должно выходить за пределы ±5 %. Погрешность подчиняется нормальному закону распределения.

Значение погрешности $\delta\Delta T$, %, рассчитанное по формуле (15), составляет

$$\delta\Delta T=\pm\sqrt{7^2+5^2}=\pm 8{,}5.$$

3.3. Погрешность $\delta\Delta I$, %, рассчитывают по формуле

$$\delta\Delta I=\sqrt{(\delta\Delta I_1)^2+(\delta\Delta I_2)^2}, \qquad (16)$$

где $\delta\Delta I_1$ — предельное значение относительной погрешности измерения ΔI постоянного тока, которое не должно выходить за пределы ±3%. Погрешность подчиняется нормальному закону распределения;

$\delta\Delta I_2$ — предельное значение относительной погрешности измерения амплитуды ΔI тока высокой частоты, которое не должно выходить за пределы ±4 %. Погрешность подчиняется нормальному закону распределения.

Значение погрешности $\delta\Delta I$, %, рассчитанное по формуле (16), составляет

$$\delta\Delta I=\pm\sqrt{3^2+4^2}=\pm 5.$$

3.4. Погрешность δI_0, %, рассчитывают по формуле

$$\delta I_0=\pm\frac{2\delta I_н I_{0\,max}}{\Delta I}, \qquad (17)$$

где $\delta I_н$ — предельное значение относительной нестабильности источника постоянного тока, которое не должно выходить за пределы ±0,2%;

$I_{0\,max}$ — максимальное значение постоянного тока, при котором проводят измерения;

ΔI — значение изменения постоянного тока при измерениях. Значение погрешности δI_0, %, при $\Delta I=3$ мА;

$I_{0\,max}=50$ мА, рассчитанное по формуле (17), составляет

$$\delta I_0=\pm\frac{2\cdot 0{,}2\cdot 50}{3}=\pm 6{,}6.$$

3.5. Погрешность $\delta U_{оп}$ рассчитывают по формуле

$$\delta U_{оп} = \frac{\delta U_н U_{оп.max}}{\Delta U}, \qquad (18)$$

где $\delta U_н$ — предельное значение относительной нестабильности опорного напряжения, которое не должно выходить за пределы $\pm 0{,}02$ %;

ΔU — изменение обратного напряжения диода при уменьшении тока на ΔI;

$U_{оп.max}$ — максимальное значение опорного напряжения при измерениях.

Значение погрешности $\delta U_{оп}$, %, при $\Delta U = 0{,}3$ В, $U_{оп.max} = 80$ В, рассчитанное по формуле (18), составляет

$$\delta U_{оп} = \frac{0{,}02 \cdot 80}{0{,}3} = \pm 5{,}3.$$

3.6. Погрешность измерения $R_{\Theta\ пер-кор}$, %, рассчитанная по формуле (14), при подстановке максимальных составляющих погрешности составляет

$$\delta R_{\Theta пер.-кор} = \pm\sqrt{8{,}5^2+5^2+6{,}6^2+2^2+5{,}3^2+2^2} = \pm 13.$$

3.7. В случае, если при расчете погрешности измерения $R_{\Theta\ пер-кор}$ по формуле (9) значение $R_{\Theta\ кор-пу}$ не учитывают, значение погрешности измерения $R_{\Theta\ пер-кор}$ увеличивают на систематическую погрешность, не выходящую за пределы ± 10 %, при этом погрешность измерения $R_{\Theta\ пер-кор}$ не должна выходить за пределы $^{+23}_{-3}$ %.

gost.e-ecolog.ru