

**ЎЗБЕКИСТОН РЕСПУБЛИКАСИ ОЛИЙ ВА ЎРТА МАХСУС ТАЪЛИМ
ВАЗИРЛИГИ
ИСЛОМ КАРИМОВ НОМИДАГИ ТОШКЕНТ ДАВЛАТ ТЕХНИКА
УНИВЕРСИТЕТИ**

**МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО СПЕЦИАЛЬНОГО
ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ УЗБЕКИСТАН
ТАШКЕНТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ ИСЛАМА КАРИМОВА**



International
Organization for
Standardization



International
Electrotechnical
Commission



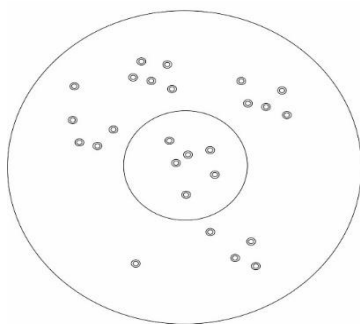
**ХАЛҚАРО АНЖУМАН
«Жаҳонда стандартлаштириш ва техник жиҳатдан
тартибга солиш ҳолати ва ривожланиш истикболлари»**

**МЕЖДУНАРОДНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ
«Состояние и тенденции развития стандартизации и
технического регулирования в мире»**

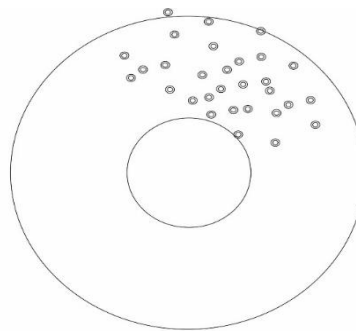


СБОРНИК НАУЧНЫХ ТРУДОВ

**13-14 Октябрь, 2022
Ташкент, Узбекистан**



Результат из Рис:1-А



Результат из Рис:1-Б

Рис.2: Представление точности и верности, несвязной с кодификацией GUMa

Определение приведено в разделе «Близость соответствия между результатом испытаний и принятым эталонным значением. Примечание. Термин «точность» применительно к набору результатов испытаний включает в себя комбинацию случайных компонентов и общей систематической ошибки или компонента систематической ошибки, который трудно понять и который отличается от приведенного в GUM . Разницу между этими условиями иногда объясняют в виде, показанном на рис.2, как результат по прямой рассматривать противоположный случай.

Стоит отметить, что в аналитических лабораториях слово «точность» употребляется в форме «промежуточная точность» в разных значениях, т.е. межлабораторная или внелабораторная воспроизводимость (именно в областях исследований). В отличие от процедур, используемых для измерения физических величин, исследовательские лаборатории придают большое значение межлабораторным измерениям и лабораторной иерархии. Лаборатории стандартизации разработали особый вид оценки связанных результатов, не используемый в физических измерениях, называемый восстановлением. Процедура зависит от добавления к исследованию точно известного небольшого количества анализов и последующего измерения увеличения результата. Это особый метод калибровки, при котором влияние состава матрицы уменьшается. При поиске определяют точность и относительное стандартное отклонение RSD, а именно коэффициент суммарной вариабельности рассчитывают по уравнению Хорвитца $CV = 2^{1-q \log c}$, где c - концентрация пробы. Эта сводка (возможно, с коэффициентом, равным $k = 0,67$) используется для проверки реляционной процедуры.

Использованные литературы:

6. Magnusson B., Ndykki T., Novind H., Krysel M.: Handbook for calculation of measurement uncertainty in environmental laboratories. Nordtest Technical Report.

МЕТРОЛОГИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ОЦЕНКИ ПАРАМЕТРОВ ВАТТМЕТРОВ ПОГЛОЩАЕМОЙ МОЩНОСТИ СВЧ

Runningtitle: КАЛИБРОВКА СВЧ ВАТТМЕТРОВ

Рутковский Сергей Владимирович

инженер по метрологии, ОАО «Управляющая компания холдинга "Минский моторный завод"», центральная измерительная лаборатория отдела метрологии, стандартизации и испытаний, г.Минск

Спесивцева Юлия Борисовна

доцент, кандидат технических наук, Белорусский национальный технический университет, приборостроительный факультет, кафедра «Стандартизация, метрология и информационные системы», г.Минск

Аннотация: Разработана методика калибровки ваттметров поглощаемой мощности сверхвысокой частоты малого и среднего уровня в диапазоне частот от (0,01 до 37,5) ГГц и среднего уровня в диапазоне частот от (0,8 до 3,0) ГГц, предназначенная для измерения среднего значения мощности непрерывных и импульсно-модулированных колебаний.

Annotation: Calibration technique has been developed for calibrating wattmeters of the absorbed microwave power of low power level in the frequency range from (0.01 to 37.5) GHz and medium power level in the frequency range from (0.8 to 3.0) GHz, intended to measure the average power value of continuous and pulse-modulated oscillations.

В последнее время в различных областях науки и техники широко используются приборы и техника на основе сверхвысокочастотного электромагнитного излучения, которое включает в себя диапазон радиоволн от 300 МГц до 300 ГГц. В диапазоне сверхвысоких частот работают технологии беспроводной локальной сети (WiFi, Bluetooth), технологии беспроводной связи (LTE, GSM), спутниковые системы навигации (GPS, ГЛОНАСС), этот диапазон применяется в радиолокационных станциях, метеорологии, радиоастрономии, для обработки и обезвреживания осадков городских сточных вод, сушки продуктов и материалов.

В процессе проектирования, изготовления и эксплуатации устройств, в основе принципа действия которых лежит использование диапазона сверхвысоких частот, возникает необходимость контроля их параметров, основным из которых является поглощаемая мощность. Для измерения мощности используются ваттметры, поддержание метрологических характеристик которых невозможно без их периодической калибровки. Разработка научно-обоснованных методик калибровки ваттметров и оценки неопределенности измерения мощности в СВЧ диапазоне являются актуальными задачами.

Методика калибровки разрабатывалась в соответствии с ГОСТ Р 8.879-2014. В качестве эталонной базы выбран Национальный эталон единицы мощности электромагнитных колебаний НЭ РБ 39-18, представляющий из себя сложный программно-аппаратный комплекс. Его основные метрологические характеристики: диапазон частот воспроизводимого сигнала – (0,3 - 37,5) ГГц, диапазон воспроизводимой мощности синусоидального сигнала – (0,1 – 100) мВт, относительная погрешность воспроизведения мощности электромагнитных колебаний – (1,2 – 2,5) %.

Определен следующий алгоритм проведения калибровки: подготовка к процедуре калибровки, определение коэффициента калибровки приемного преобразователя, определение модуля комплексного коэффициента отражения входа приемного преобразователя, обработка результатов измерений и оформление результатов калибровки.

Раздел «Процедура калибровки» содержит перечень наименований и описание операций по определению действительных значений метрологических характеристик калибруемого прибора. Особый интерес представляет определение необходимого числа повторных наблюдений для получения результата измерений.

Основной измерительной задачей, при калибровке ваттметров поглощаемой мощности является определение коэффициента калибровки приемного преобразователя ваттметра поглощаемой мощности. С учетом рассогласования он определяется:

$$K_{\text{кал}} = \frac{P_{\text{полг}}}{P_{\text{пад}}(1 - |\Gamma_{\text{пр}}|)}, \quad (1)$$

где $P_{\text{полг}}$ – мощность, поглощенная приемным преобразователем, Вт;

$P_{\text{пад}}$ – мощность, подаваемая на вход приемного преобразователя, Вт;

$|\Gamma_{\text{пр}}|$ – модуль комплексного коэффициента отражения входа приемного преобразователя, отн. ед..

Модуль комплексного преобразования коэффициента отражения входа приемного преобразователя определяется:

$$|\Gamma_{\text{пр}}| = \frac{K_{\text{СВН}} - 1}{K_{\text{СВН}} + 1}, \quad (2)$$

где $K_{\text{СВН}}$ – коэффициент стоячей волны входа приемного преобразователя.

Определение коэффициента калибровки приемного преобразователя ваттметра согласно эксплуатационной документации на Национальный эталон единицы мощности электромагнитных колебаний НЭ РБ 39 осуществляется по следующему алгоритму:

- уточнить задачу на проведение измерений и получить данные об исследуемом приборе,
- выбрать частотный диапазон проведения измерений,
- выбрать или создать программу проведения испытаний,
- провести измерения.

В качестве частот, на которых будет проводится определение коэффициента калибровки приемного преобразователя ваттметра, выбирают частоты, указанные в эксплуатационно-технической документации на исследуемый прибор или частоты калибровки Национального эталона единицы мощности электромагнитных колебаний НЭ РБ 39 – 18.

Калибровка преобразователей поглощаемой мощности М1130А сер. № 2791 и М1130А сер. № 2794 была проведена на частотах 0.1, 0.3, 0.5, 1, 3, 5, 10, 30, 50, 100, 300, 500, 1000, 2000, 3000, 4000, 5000, 6000, 7000, 8000, 9000, 10000, 11000, 12000, 13000, 14000, 15000, 16000, 17000, 18000 МГц. При выборе частотного диапазона важно чтобы он включал крайние точки частот диапазона исследуемого прибора.

Для определения необходимого числа повторных наблюдений в серии был проведен внутрилабораторный эксперимент. Проведены 4 измерения, состоящие из 3, 5, 10 и 15 наблюдений. Для них было определено среднеарифметическое значение и стандартное отклонение. Для каждой из серий наблюдений проведена проверка на наличие выбросов по критерию Граббса. Критические значения критерия Граббса определены для вероятностей $P=95\%$ и $P=99\%$. Рассчитанные значения статистик Граббса сравнили с критическими и сделали выводы о наличии выбросов.

Результаты экспериментов и результаты расчетов для трех (табл.1) и пяти (табл.2) наблюдений в серии представлены ниже.

Таблица 1 – Результаты измерения на основе трех наблюдений

Частота	$K_{\text{кал.изм.}i}$, отн. ед.			$\bar{X}$	σ	G_p	G_l
	1	2	3				
300	0,98	0,979	0,978	0,979	0,001	1	1
500	0,965	0,964	0,964	0,964333	0,000577	1,154	0,577
1000	0,958	0,957	0,958	0,957667	0,000577	0,577	1,154
2000	0,945	0,947	0,946	0,946	0,001	1	1
3000	0,974	0,974	0,973	0,973667	0,000577	0,577	1,154
4000	0,969	0,968	0,968	0,968333	0,000577	1,154	0,577

Поскольку для данного числа наблюдений в серии $G_{5\%}=1,153$ и $G_{1\%}=1,155$, то наибольшее и наименьшее значения не являются статистическими выбросами.

Таблица 2 – Результаты измерения на основе пяти наблюдений

Частота	$K_{\text{кал.изм.}i}$, отн. ед.					$\bar{X}$	σ	G_p	G_1
	1	2	3	4	5				
300	0,98	0,979	0,98	0,979	0,979	0,9794	0,000548	1,095445	0,730297
500	0,965	0,964	0,964	0,964	0,965	0,9644	0,000548	1,095445	0,730297
1000	0,958	0,957	0,958	0,958	0,957	0,9576	0,000548	0,730297	1,095445
2000	0,946	0,946	0,945	0,945	0,946	0,9456	0,000548	0,730297	1,095445
3000	0,974	0,975	0,974	0,974	0,975	0,9744	0,000548	1,095445	0,730297
4000	0,969	0,968	0,968	0,968	0,969	0,9684	0,000548	1,095445	0,730297

Поскольку для данного числа наблюдений в серии $G_{5\%}=1,672$ и $G_{1\%}=1,749$, то наибольшее и наименьшее значения не являются статистическими выбросами.

Для каждой из серии наблюдений построен график зависимости стандартного отклонения от частоты. (рисунок 1).

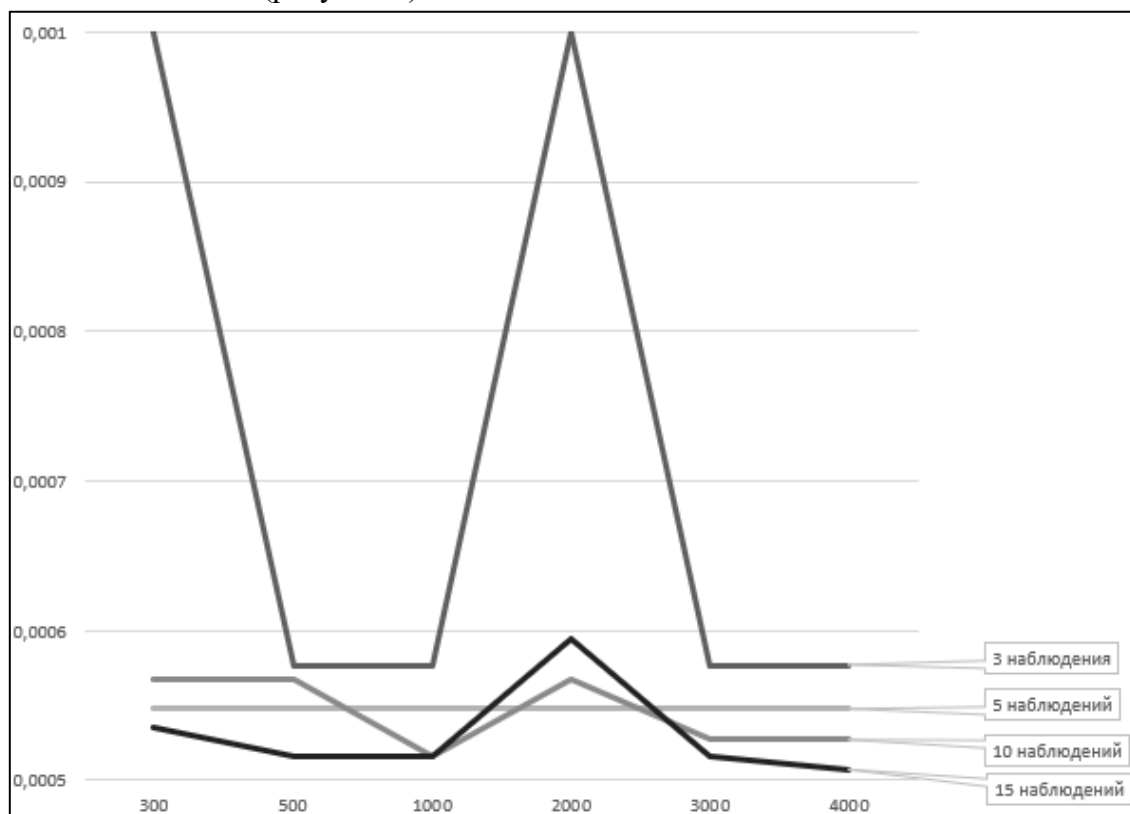


Рисунок 1 – Графики зависимости стандартного отклонения от частоты

Как видно из рисунка, графики для серий, состоящих из 5, 10 и 15 наблюдений фактически сходятся в линию, а значит измерение на основе 5 наблюдений будет оптимальным и дальнейшее увеличение точности измерений за счет увеличения числа повторных наблюдений не имеет смысла.

Определение коэффициента стоячей волны входа приемного преобразователя КСВН осуществляется в том же частотном диапазоне, в котором осуществлялось определение коэффициента калибровки. Для определения необходимого числа повторных наблюдений в

серии был проведен такой же внутрилабораторный эксперимент, состоящий из 3, 5, 10 и 15 наблюдений. Результаты эксперимента подтвердили достаточность 5 наблюдаемых значений в серии для получения результата измерения.

Для количественной оценки неопределенности измерений использован метод моделирования.

Модель измерения при определении коэффициента калибровки приемного преобразователя ваттметра имеет вид:

$$K_{\text{кал}} = K_{\text{кал.изм}} + \Delta_{\text{рас}} + \Delta_{\text{А}}, \quad (3)$$

где $K_{\text{кал}}$ – оцениваемое значение коэффициента калибровки приемного преобразователя, отн. ед.;

$K_{\text{кал.изм}}$ – показание эталонной установки, отн. ед.;

$\Delta_{\text{рас}}$ – поправка, обусловленная рассогласованием в измерительном тракте, отн. ед., которая определяется для каждой частоты калибровки:

$$\Delta_{\text{рас}} = 2 \cdot |\Gamma_{\text{ват}}| |\Gamma_{\text{этал}}|, \quad (4)$$

где $|\Gamma_{\text{этал}}|$ – модуль комплексного коэффициента отражения эталонного приемного преобразователя, отн. ед., который определен в свидетельстве о калибровке используемого преобразователя для каждой частоты калибровки;

$\Delta_{\text{А}}$ – поправка из-за погрешности эталонного приемного преобразователя, отн. ед., которая определена в свидетельстве о калибровке используемого преобразователя для каждой частоты калибровки.

Оценивание неопределенности при определении модуля комплексного коэффициента отражения входа приемного преобразователя ваттметра поглощаемой мощности основывается на модели измерений:

$$|\Gamma_{\text{пр}}| = |\Gamma_{\text{изм}}| + \Delta_{\text{А}}, \quad (5)$$

где $|\Gamma_{\text{пр}}|$ – оцениваемое значение модуля комплексного коэффициента отражения приемного преобразователя, отн. ед.;

$|\Gamma_{\text{изм}}|$ – показание эталонной установки, отн. ед.;

$\Delta_{\text{А}}$ – поправка из-за погрешности эталонной установки, отн. ед.

В процессе оценивания неопределенности измерений определены значения входных величин и их стандартных неопределенностей, проанализированы корреляции; рассчитаны оценки выходной величины и стандартной неопределенности выходной величины; определена расширенная неопределенность; представлен конечный результат измерений.

Разработанная методика калибровки распространяется на ваттметры поглощаемой мощности сверхвысокой частоты малого и среднего уровня в диапазоне частот от (0,01 до 37,5) ГГц и среднего уровня в диапазоне частот от (0,8 до 3,0) ГГц, предназначенные для измерения среднего значения мощности непрерывных и импульсно-модулированных колебаний. Метод калибровки – метод непосредственного сличения обеспечивает прослеживаемость к государственному первичному эталону единицы мощности ГЭТ 26–2010, РФ.

Рузматов К.Р. Цифровая точность и индекс достоверности аналитических измерений атмосферного воздуха с использованием чувствительных датчиков.....	310
Рутковский С.В., Спесивцева Ю.Б. Метрологическое обеспечение оценки параметров ваттметров поглощаемой мощности СВЧ.....	313
Мўминов Н.Ш., Панжиев У. Металлургия саноатида Путур етказмасдан текшириш методларини қўллаш бўйича Малайзия тажрибаси.....	318
Камбарбекова Р.М. Реокинетические закономерности процесса формирования наноструктур на основе полиэтоксисилоксанового олигомера.....	320
Исаев Ф.Ф., Алиев Б.У., Рахимова А.М. Применение измерительных приборов мультисим в метрологии.....	323
Жабборов Х.Ш., Тугалов Б.Қ., Холбеков С.Р. Ишалаб чиқариш корхоналарида метрологик таъминотнинг баъзасини DocFlow дастури ёрдамида шакллантириш.....	326
Эргашев Ф.А., Абдумажидов И.Б., Валиев Р.А. Исследование действительного значения метрологических характеристик вискозиметра модели SVM 3000.....	329
Кадирова Ш.А., Косимов Д.Д. Некоторые подходы интеллектуализации измерительных средств.....	335
Ravilov Sh.M., Sagatova F.M. Improvement of metrological characteristics of Measuring converters of instruments for control of physical values.....	339
Эшонкулов С., Бобоев F.F., Мирзаев М.Х. Шиша электродли Ph-метрлар таҳлили.....	343
Абдурахманов А.А. Ўлчовларда эди ковариация (ес) энергия балансини яхшилаш йўллари.....	347
Karimova D.K., Sagatov M.M., Correction of dynamic errors of measuring transducers using digital filters.....	352
Isroilov F.M., Qosimov O.F. Issiqlik datchiklarini ishlab chiqarishda qo'llaniladigan ishlov berish texnologiyasini ishlab chiqish.....	355
Миралиева А.К., Қосимов Д.Д. Гидротехник иншоотларнинг ўлчаш ва назорат воситаларини метрологик таъминоти.....	357
Усманова Х.А., Тургунбаев А., Худайкулов У.У., Об одном методе измерения влажности на СВЧ.....	361
Эргашев Ф.А., Эркинов Н.Ш., Курбанов А.П., Выбор и обоснование средств измерений плотности в интервале температуры от - 40 °С до + 150 °С.....	363
Rasulev A.N. Neyron tarmoqlarini modellash asosida axborot va boshqarish tizimlarining ishlab chiqish va sifatini oshirish.....	365

ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ ТЕХНИЧЕСКОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ В АВИАЦИОННОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Исмаилова А.Б., Айтбаев Т.А., Сатторбергенова Г.К. О метрологическом обеспечении средств измерений в авиационной промышленности.....	374
Кадирова Ш.А., Сайфуллаева Д.Д., Касимова А.Б., Метрологическое обеспечение средств измерений в авиационной промышленности.....	378