

- характеристики процессов и продукции, включая услуги;
- методы, техники проведения внутренних аудитов;
- требования стандарта СТБ ISO 9001.

Методы оценки аудиторской группы также подробно изложены в СТБ ИСО 19011, также если учесть тот факт, что аудиторы являются и экспертами, то оценку аудитора можно проводить и квалиметрическими методами.

Иногда коллизии аудита указывают на то, что в процессе выявления несоответствий могут быть большие расхождения в результатах аудита из-за сложности оценки качественной информации экспертами-аудиторами. Поэтому важно проверять правильность и однозначность решения каждого аудитора. Для оценки экспертов-аудиторов предлагается применить критерий Джурана.

Остальные разделы методических указаний по проведению внутреннего аудита соответствуют СТБ ИСО 19011.

В заключительной части рекомендаций приведена оценка результативности R процесса

«Внутренний аудит» с учетом коэффициента весомости каждого показателя, значение которого определяется экспертным методом.

Для оценки результативности предлагается использовать семь показателей, таких как своевременность утверждения программы аудитов; результативность аудита; рост числа выявленных несоответствий; степень устранения несоответствий по результатам проведения аудита; оценка эффективности обучения аудиторов; правильность составления опросников и контрольных листов; своевременность подготовки и рассылки отчета.

Отследить динамику результативности процесса аудита можно на основании квалиметрической шкалы, которая может соответствовать шкале результативности СМК в целом.

Предлагаемые методические рекомендации будут способствовать реализации принципа постоянного улучшения СМК и направлены на повышение результативности процесса внутреннего аудита.

УДК 537.315.089.68

ИССЛЕДОВАНИЕ МЕТРОЛОГИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК НАЦИОНАЛЬНОГО ЭТАЛОНА НАПРЯЖЕНИЯ – ВОЛЬТА

Попко В.В., Черняев П.А.

*Республиканское унитарное предприятие «Белорусский государственный институт метрологии»
Минск, Республика Беларусь*

Целью наших исследований является поддержание технических и метрологических характеристик национального эталона единицы напряжения - Вольта (НЭ) в соответствии с утвержденными нормативными данными, обеспечение прослеживаемости воспроизводимой единицы вплоть до МБМВ и передача единицы напряжения от эталона к высокоточным средствам измерений. Поэтому исследования стабильности мер напряжений (732В, 7000N, H4-100), используемых при калибровке многих приборов, является основной нашей задачей по поддержанию метрологических характеристик эталонной базы БелГИМ.

Основой нашего НЭ является разработанная фирмой Supracon система supraVOLTcontrol. Эта система с микропроцессорным управлением является полным 3-канальным эталоном напряжения на эффекте Джозефсона с интегрированной низкотемпературной СВЧ-микросхемой с переходами Джозефсона. Она позволяет калибровать вторичные эталоны напряжения и внешние вольтметры. Типовая относительная точность самой системы не превышает 4×10^{-10} по уровню 10 В. При калибровке, шум вторичных эталонов напряжения ограничивает эту относительную точность величиной приблизительно

1×10^{-8} по уровню 10 В и 2×10^{-8} по уровню 1 В.

Основными составляющими частями НЭ являются:

Система, включающая в себя следующие элементы [1]:

1. Кризонд (криодатчик) с 10-вольтовой схемой переходов Джозефсона, изготовленным в институте IPHT (г. Иена, Германия) и содержащим 19700 переходов Джозефсона типа СИС (сверхпроводник-изолятор-сверхпроводник) на базе стандартной трёхслойной технологии Nb/Al, с рабочей частотой приблизительно 75 ГГц.

2. Сосуд Дьюара с жидким гелием.

3. Электронный блок эталона, который совместно с главным компьютером управляет всей системой и содержит специальный источник питания для СВЧ-аттенюатора и систему подключения к чипу с переходами Джозефсона.

4. СВЧ-электроника – включает в себя генератор Ганна с частотой 75 ГГц, вентиль, направленный ответвитель, телеметрический датчик (смеситель), и аттенюатор, управляемый напряжением.

5. Цифровой СВЧ-частотомер EIP 578В с синхронизацией по внешнему источнику.

6. Нановольтметр Keithley 2182 в качестве нуля-детектора.

7. 3-канальный переключатель полярности со специальными низкотемпературными кабелями подвода напряжения.

8. Датчик с кабелями для измерения температуры окружающей среды, относительной влажности и барометрического давления.

9. Главный компьютер с интерфейсом стандарта IEEE.

Меры напряжения Fluke 732B, Fluke 7000N, многофункциональный калибратор Fluke 5720A, мультиметр Agilent 3458A и прецизионный делитель напряжения Fluke 752A.

За всё время работы на НЭ мы получили большое количество измерений напряжения, и произвели оценку годовой стабильности всех наших мер напряжения. Изменение выходных напряжений мер Fluke 732B в течение года по уровню 10 В не превышает 6 мкВ, а по уровню 1.018 В не превышает 2 мкВ. В связи с этим мы можем прогнозировать изменение выходных напряжений на год, или два вперёд, за исключением форс-мажорных ситуаций, таких как отключение электропитания.

Результаты измерений показывают стабильные метрологические характеристики меры напряжения, что ещё раз доказывает то, что она может быть использована в качестве опорного эталона при калибровке многих средств измерения.

Также важно отметить, что мы добились хороших результатов в проведении калибровки пользующихся большим спросом высокоточных многофункциональных калибраторов типа 5720A фирмы Fluke, на малых уровнях напряжения от -2 В до +2 В, используя метод непосредственной передачи единицы от эталона. Главным условием при этом является то, чтобы шумы выходных напряжений не превышали 1 мкВ. На диапазоне 2.2 В названное условие выполняется. На диапазонах 11 В, 22 В, 220 В и 1000 В шумы значительно больше и калибровка прибора 5720A нами выполняется с помощью мер напряжения 732B или 7000N и эталонного делителя напряжения Fluke 752A.

В Соглашении о взаимном признании устанавливается, что метрологическая эквивалентность национальных эталонов определяется рядом ключевых сличений. С этой целью мы участвовали в ключевом сличении, в соответствии с темой КОOMET № 530/ВУ/11, с эталоном Вольты Российской Федерации (ВНИИМ) с использованием мер напряжения Fluke 732B. Данное сличение позволяет связать размер единицы напряжения НЭ БелГИМ и международного бюро мер и весов (МБМВ) через завершённые ключевые сличения эталона вольты Российской Федерации (ВНИИМ).

Необходимость проведения сличений с помощью мер напряжения обусловлена тем обстоятельством, что национальные эталоны, вы-

полненные на основе эффекта Джозефсона, воспроизводят единицу напряжения при температуре жидкого гелия и экономически выгодно использовать его не более 1 - 2 раз в год. Остальной период, значение воспроизводимого напряжения хранится и передаётся с помощью мер напряжения. В этом случае оборудование калибруется с помощью мер напряжения, так решается задача калибровки эталонов при невозможности проведения этих работ непосредственно на НЭ.

Перед участием в сличениях нами была составлена и изучена математическая модель измерения выходного напряжения, она показана в формуле 1:

$$U = N \times f / KJ-90 + V_{leak} + V_{det} + V_{temf}; \quad (1)$$

где N - номер ступеньки, на которую настроена цепочка контактов Джозефсона;

KJ-90 - Константа Джозефсона, равная 483597.9 ГГц/В;

f - Частота подаваемого СВЧ-излучения;

V_{leak} - падение напряжения из-за конечного сопротивления выводов и из-за сопротивления утечки между выводами, а также между выводами и "землёй";

V_{det} - разность напряжения между переходами Джозефсона, которая измеряется с помощью нуля-детектора;

V_{temf} - остаточные напряжения смещения, обусловленные наличием термо-ЭДС в выводах и в переключателе полярности.

В соответствии с математической моделью был составлен и рассчитан бюджет неопределённости измерения напряжения с описанием параметров аппаратуры при измерении (таблица 1):

Сличения были проведены в 2011 году. Измерения во время сличений проводились путём встречного включения мер принадлежащих БелГИМ и эталона через ноль-индикатор с изменением полярности напряжения мер и эталона. Питание мер отключалось от сети 230 В, 50 Гц. Корпус и экран мер заземлялся. Проводился контроль условий измерения, включая температуру окружающей среды, относительную влажность и атмосферное давление, а также значение сопротивления контрольного резистора. Были проведены исследования по установлению температурных и барических коэффициентов напряжения двух эталонов сравнения по уровню 1.018 В и 10 В.

Результаты измерений представлены в отчёте в виде среднего значения мер при выходном напряжении 1.018 В и 10 В, приведенного к средней дате измерений во ВНИИМ (27.07.11), значений стандартной неопределённости u_A (типа А), стандартной неопределённости u_B (типа В) и соответствующей суммарной неопределённости u для каждого института. В качестве опорного значения использовалось значение эталона вольты МБМВ, которое принималось неизмен-

ным во времени.

Степень эквивалентности национального эталона выражается разностью по отношению к опорному значению и расширенной неопределённостью этой разности.

Значение измеренных напряжений нашим эталоном, по отношению к опорному значению, рассчитывается по формуле 2:

$$U_{\text{БелГИМ-МБМВ}} = U_{\text{БелГИМ-ВНИИМ}} - U_{\text{ВНИИМ-МБМВ}}, \quad (2)$$

с учётом всех измерений, выполненных с применением двух мер напряжения и поправками на влияние температуры окружающей среды и атмосферного давления.

Конечное значение напряжения на 27.07.2011 года составило [2]:

для 1.018 В: -0.005 мкВ с расширенной неопределённостью: 0.035 мкВ;

для 10 В: -0.28 мкВ с расширенной неопределённостью: 0.45 мкВ.

Результаты сличения ещё раз доказали высокий уровень метрологических характеристик нашего НЭ и эталонного оборудования, входящего в его состав. Для дальнейшего исследования НЭ мы планируем участвовать в прямых ключевых сличениях.

1. Supracon. Josephson Voltage Standard supraVOLTcontrol. MANUAL. 2007
2. A.S.Katkov and P.A.Cherniayev. Final report on the bilateral key comparison COOMET.EM.BIPM-K11: Comparison of Josephson voltage standards by using Zener transfer standards. Metrologia, 2012, 49, Tech. Suppl., 01008.

УДК 620.179

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК УГЛЕРОД-УГЛЕРОДНЫХ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ МЕТОДОМ УДАРНОГО ВДАВЛИВАНИЯ ИНДЕНТОРА

Протасеня Т.А., Крень А.П.

Институт прикладной физики НАН Беларуси
Минск, Республика Беларусь

В настоящее время углерод-углеродные композиционные материалы (УУКМ), отличающиеся высокой прочностью, жесткостью и малой массой, широко применяются для изготовления различного рода изделий, начиная от спортивного инвентаря и заканчивая деталями ракетно-космической техники. В качестве армирующего наполнителя в них выступают волокна углерода, ориентация которых относительно направления прилагаемой нагрузки существенным образом влияет на измеряемые свойства материала. Применяемые для при испытаниях УУКМ ультразвуковые методы контроля и метод широтрафии имеют ряд недостатков. Первые не позволяют получить локальную оценку свойств материала с привязкой к характеристикам матрицы и армирующего наполнителя в отдельности, а второй регистрирует только местную деформацию на поверхности объекта контроля, вызванную наличием внешнего или внутреннего дефекта [1].

В данной работе проведены исследования по установлению возможности применения метода динамического индентирования для оценки физико-механических характеристик УУКМ, с возможностью разделения вклада свойств составляющих материала в общий отклик на прилагаемую нагрузку при индентировании.

Экспериментальные исследования проводились путем регистрации процесса внедрения, в контролируемый материал свободно падающего с заданной высоты, индентора клиновидной формы с углом при вершине ϕ равным 45° (рисунк 1). Такая форма индентора позволяет раз-

делить влияние физико-механические характеристики композиционного материала: при ориентации клина в момент удара вдоль направления волокон, отклик материала определяется свойствами матрицы, а при ориентации клина в поперечном направлении – свойствами самого волокна.

Для регистрации процесса внедрения использовалась измерительная установка ИПМ-1К, разработанная в ИПФ НАН Беларуси. Индентирование образцов УУКМ проводилось как в продольном, так и в поперечном направлении углеродных волокон. В качестве основных характеристик, определяющих свойства материала, было принято использовать нормальный модуль E упругости и твердость H .

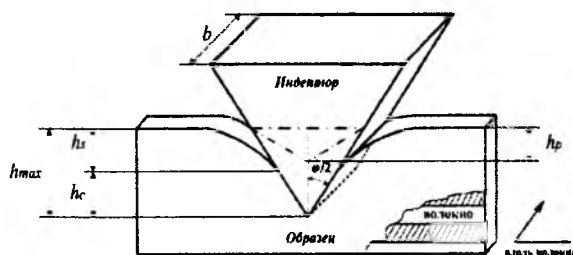


Рисунок 1 – Схематическое представление поперечного сечения материала при внедрении в него индентора клиновидной формы

Для расчета модуля упругости E УУКМ использовалось известное выражение [2], при этом учитывалось, что материал индентора обла-