

# АВТОМАТИЗАЦИЯ РАБОТЫ МЕТРОЛОГИЧЕСКОЙ СЛУЖБЫ – ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ FLUKE MET/CAL

А.Зуйков, к.т.н. metrology@dipaul.ru

В эффективной организации работы метрологической лаборатории большую роль играет программное обеспечение (ПО) для автоматизации поверки и систематизации ее результатов. Такое ПО позволяет значительно упростить и ускорить процесс поверки. Пример универсального и эффективного ПО для решения метрологических задач – Fluke MET/CAL. О возможностях этого программного обеспечения рассказывается в этой статье.

## ПО ДЛЯ МЕТРОЛОГИИ – НЕОБХОДИМОСТЬ И ЗАДАЧИ

Для внедрения автоматизации поверки средств измерений (СИ) существует ряд объективных предпосылок.

- Современные производители СИ предлагают приборы, способные решать различные измерительные задачи и обладающие возможностью автоматического управления. Стоит заметить, что большая часть документации того или иного СИ описывает возможные варианты программирования и автоматизированного управления устройством.
- Современная эталонная база также предусматривает автоматическое управление посредством компьютера.
- По мере совершенствования выпускаемых приборов усложняются методики поверки, и, как следствие, увеличивается время, затрачиваемое на ее выполнение.
- В процессе деятельности метрологической лаборатории накапливается большой объем информации в бумажном виде (протоколы, свидетельства). Даже при систематизированном подходе к ее хранению поиск необходимых документов в архиве бывает затруднен и не всегда оперативен.
- По мере усложнения приборов увеличивается утомляемость поверителя, что отрицательно сказывается на качестве выполнения процедуры.

Современные программные продукты нельзя назвать гибкими и универсальными, как правило,

они ориентированы на простой учет парка СИ заказчика. Программное обеспечение для автоматизации поверочной деятельности – чаще всего штучный продукт, разрабатываемый для конкретного набора поверяемых и эталонных средств измерений. Если нужно изменить аппаратную часть или порядок работы программы, требуется вызывать специалиста от исполнителя. Очевидно, что создание гибкого программного продукта требует большого количества времени.

Особенности поверочной деятельности определяют специфические задачи программного обеспечения для метрологии:

- учет характеристик эталонов;
- обеспечение прослеживаемости к эталонам;
- учет неопределенности проводимых при поверке измерений;
- обеспечение различных форм представления информации (протоколы, свидетельства, графики поверки и пр.);
- архивное хранение данных о поверке.

Решение всех перечисленных задач реализовано в ПО Fluke MET/CAL. Оно соответствует требованиям к единству измерений и отчетности, устанавливаемым стандартами качества и аккредитации, включая ISO/IEC 17025, ISO 9000, QS 9000, EN 45000, ANSI Z540, и MIL STD 45662A. При этом нет необходимости написания собственных программ, настройки баз данных и документирования системы.

## СТРУКТУРА ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ MET/CAL

Структура программы включает в себя базу данных MET/BASE; средство управления базой данных MET/TRACK; среду разработки процедур автоматизированной поверки MET/CAL Editor; программу, реализующую выполнение процедур автоматизированной поверки MET/CAL Run-Time; инструмент формирования шаблонов отчетов Crystal Reports. Рассмотрим подробнее каждый программный модуль.

### MET/BASE

База данных MET/BASE включает мощный SQL-сервер – SQL Anywhere компании Sybase. Он обеспечивает надежное и безопасное хранение данных калибровок и учетных данных по оборудованию.

Структура базы данных может быть адаптирована практически к любым требованиям метрологической службы. Это достигается за счет возможности создания дополнительных пользовательских таблиц, которые могут содержать уникальную информацию, учитывающую специфику конкретной организации.

### MET/TRACK

Программа позволяет вести учет поступающих в поверку СИ (карточка СИ, записи о поверке/калибровке, клиенте, сервисном обслуживании, координатах местоположения СИ).

Все данные о поверках/калибровках, а также записи по обслуживанию и учетные данные хранятся в MET/TRACK с использованием уникального номера оборудования, который устанавливается, когда первоначальная информация о приборе добавляется в базу данных. Сохраняя данные о владельце каждого прибора, MET/TRACK позволяет связываться с этим лицом или организацией для составления графиков периодической калибровки и обслуживания. При этом MET/TRACK дает возможность хранить не только координаты, но и полную информацию о клиенте для каждого устройства, зарегистрированного в системе.

История калибровок, а также результаты калибровочных испытаний сохраняются в MET/TRACK автоматически при выполнении каждой процедуры. Что касается калибровок, выполненных вручную либо в другой системе, то их результаты (краткие и подробные) можно добавить в MET/TRACK, что дает возможность хранить и отслеживать информацию по всему метрологическому оборудованию в одном месте.

По каждому ремонту или профилактическому обслуживанию можно ввести детали, включая стоимость работы и запасных частей. Можно также составить план периодических мероприятий по обслуживанию. Записанная история поверок/калибровок

и обслуживания дает полную картину затрат на эксплуатацию по всему отслеживаемому оборудованию.

Разумеется, эффективность системы MET/TRACK зависит от того, насколько хорошо организованы содержащиеся в ней данные. Поэтому в MET/TRACK предусмотрены функции, обеспечивающие правильность ввода данных. Например, осциллограф можно описать как "о-граф", "осциллограф" или "ОЦ", что затрудняет поиск информации. Функция проверки данных в MET/TRACK обеспечивает ввод названий прибора или другой информации (наименования производителя, названия отдела и др.) каждый раз с использованием одного и того же определения или термина. Для более быстрого и точного ввода данных есть возможность связывания ключевых полей форм MET/TRACK, когда выбор элемента в одном поле приводит к автоматическому заполнению других полей формы. Например, ввод "34401A" можно настроить таким образом, что в поле описания появится "Цифровой мультиметр", а в поле производителя – "Keysight".

Вместо того чтобы заставлять работать с жестким набором полей и форматов, MET/TRACK позволяет управлять оборудованием так, как это удобно пользователю. Функции настройки рабочего стола дают возможность индивидуализировать способ представления данных на экране. Кроме того, можно создавать несколько рабочих столов с отображением одной и той же информации в разных форматах для различных пользователей и разных рабочих станций. Названия полей можно редактировать в соответствии с терминологией конкретной организации. Для отображения только значимой информации поля отключаются или активизируются. Можно контролировать тип и формат вводимой в ключевые поля информации. С помощью MET/TRACK можно отслеживать оборудование любого типа – электрическое, механическое и др., даже если оно не требует поверки/калибровки.

Наряду с широким спектром полей для данных о калибровке, обслуживании и координатах, MET/TRACK предлагает дополнительные функции, с помощью которых можно хранить выбранную пользователем информацию о калибровочном оборудовании. Например, функция объединения таблиц (Merge Tables) позволяет расширять диапазон данных, хранящихся в отдельных полях таблиц MET/TRACK. Так, иногда бывает необходимо больше узнать о производителе или приборе. Обычное поле "производитель" содержит только название компании, такое как Fluke, Agilent или Tek. Однако если требуется специальная контактная информация об этих производителях, то место для их хранения можно получить с помощью функции Merge Tables. Достаточно лишь один раз ввести данные о производителе, и они будут привязаны к соответствующим значениям поля "производитель", независимо от того, в скольких записях встречаются эти значения.

## MET/CAL Editor

MET/CAL Editor позволяет создавать процедуры поверки и обеспечивает:

- возможность диалога с поверителем во время выполнения автоматизированной процедуры (диалоговые окна, схемы подключения, звуковое оповещение);
- возможность разработки уникальных процедур поверки под конкретные задачи и комплектацию оборудования (создание нестандартных стендов);
- считывание показаний с поверяемого СИ автоматически или путем ввода с клавиатуры (зависит от СИ);
- возможность закрытия кода готовых процедур от несанкционированного изменения;
- большое количество инструментов языка написания процедур, с помощью которых можно решать самые разнообразные и сложные задачи даже при наличии школьного уровня знаний в сфере программирования.

Процедуры автоматизированной поверки не только ускоряют процесс измерений, но и позволяют фиксировать все его технические тонкости. Поверителю наглядно демонстрируется схема подключения СИ, необходимая оснастка для корректной сборки измерительной схемы и режимы работы приборов во время измерений.

Для иллюстрации гибкости языка написания автоматизированных процедур поверки приведем пример из практики. В распоряжении поверителя два эталона: калибратор Fluke 5522A и мультиметр Fluke 8508A. Требуется поверить мультиметр Fluke 8846A. Анализ точностных характеристик эталонной базы и поверяемого СИ показывает, что использовать для поверки только калибратор Fluke 5522A недостаточно. Обеспечить необходимый запас эталонов по точности можно посредством совместного использования прецизионного мультиметра Fluke 8508A и калибратора Fluke 5522A (рис.1). В этом случае сличаются показания поверяемого

мультиметра Fluke 8846A и эталонного мультиметра Fluke 8508A, а калибратор Fluke 5522A служит только источником измеряемой величины.

Калибратор Fluke 5522A можно подключить к ПК как по интерфейсу RS-232, так и при помощи GPIB, мультиметр 8508A подключается к ПК только при помощи GPIB. При наличии полного комплекта необходимых кабелей и согласующих плат приборы удобнее подсоединить посредством GPIB к ПК. Полная автоматизация процесса поверки позволит наблюдать за ним на экране монитора и выполнять только команды по необходимости коммутации СИ.

Однако специальная плата коммутации, которая требуется для подключения приборов по GPIB, в большинстве случаев отсутствует в поверочных лабораториях. В этом случае возможен другой вариант коммутации (рис.2): мультиметр 8508A не подключается к ПК, его показания снимаются через специальное интерфейсное окно и вводятся в ПК с помощью клавиатуры. Калибратор Fluke 5522A управляется с ПК по последовательному COM-порту. В таком случае процедура поверки выполняется уже в полуавтоматическом режиме и занимает больше времени, но обработка и отображение измерительной информации не требуют дополнительных усилий. Все эти варианты исполнения процедуры можно реализовать при помощи одной программы – Fluke MET/CAL.

Такая гибкость обеспечивается не только для средств измерения фирмы Fluke. Система MET/CAL позволяет работать практически с любым эталонным и измерительным оборудованием, в том числе и отечественного производства.

Программное обеспечение Fluke MET/CAL поддерживает также работу с локальной компьютерной сетью из нескольких рабочих мест (рис.3). При этом поверители могут одновременно работать с единым массивом

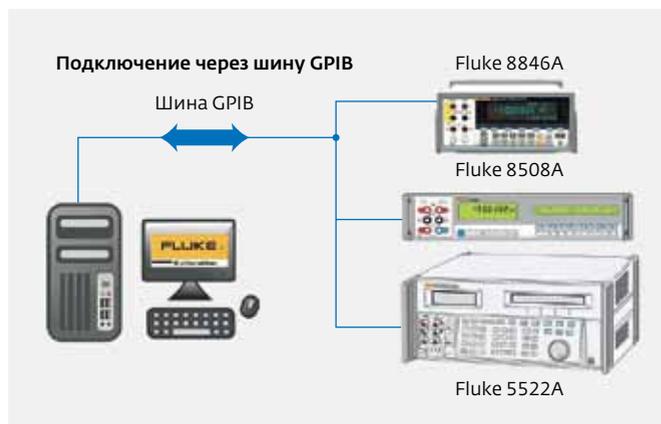


Рис.1. Полностью автоматическая поверка СИ (один из возможных вариантов коммутации)



Рис.2. Полуавтоматическая поверка СИ (один из возможных вариантов коммутации)





50 Гц	10 А	2.50 А	2.52 А	0.0675 А	годен	42.19
500 Гц	10 А	2.50 А	2.54 А	0.0675 А	годен	42.19
50 Гц	10 А	9.50 А	9.59 А	0.173 А	годен	22.47
500 Гц	10 А	9.50 А	9.62 А	0.173 А	годен	15.04

**Заключение.**  
Вывод: годен. Выдано свидетельство о поверке № 897 от 25.06.2015

Поверитель: Зуйков А.А. \_\_\_\_\_

---

Общество с ограниченной ответственностью "Профигруп"  
195271, г. Санкт-Петербург, Кондратьевский пр-т. 72, тел. (812)702-15-60  
Страница №3 из 3

Рис.5. Окончание протокола поверки в случае "годен"

500 Гц	10 А	2.50 А	2.54 А	0.0675 А	годен	42.19
50 Гц	10 А	9.50 А	9.59 А	0.173 А	годен	22.47
500 Гц	10 А	9.50 А	9.62 А	0.173 А	годен	15.04

**Заключение.**  
Вывод: негоден. Выдано извещение о непригодности № 897 от 25.06.2015

Поверитель: Зуйков А.А. \_\_\_\_\_

---

Общество с ограниченной ответственностью "Профигруп"  
195271, г. Санкт-Петербург, Кондратьевский пр-т. 72, тел. (812)702-15-60  
Страница №3 из 3

Рис.6. Окончание протокола поверки в случае "не годен"

различные шаблоны отчетов: протокол поверки, свидетельство о поверке или извещение о непригодности и др. Шаблон представляет собой инструкцию, в которой содержится алгоритм отбора необходимых пользователю данных. Шаблон может быть интеллектуальным, то есть в зависимости от представленной в нем информации менять свое содержание. Простейший пример: если по результатам поверки прибор оказывается годным, в конце протокола будет написано "Вывод: годен. Выдано свидетельство о поверке № ..." (рис.5), в противном случае в конце отчета будет указано "Вывод: не годен. Выдано извещение о непригодности № ..." (рис.6). Для этого достаточно создать один шаблон протокола поверки и указать в нем необходимые условия.

Вывод "годен" в конце протокола делается автоматически при наличии такой же оценки в каждой строчке протокола поверки. В противном случае общий результат поверки будет "не годен".

С помощью инструмента Crystal Reports пользователь может как переоформить имеющийся шаблон,

так и создать уникальные шаблоны с нуля, с учетом новых пользовательских таблиц. Полученные отчеты можно импортировать в файлы различных форматов (\*.pdf, \*.rtf, \*.csv, Microsoft Excel, Microsoft Word) и редактировать.

Типовой протокол поверки MET/CAL содержит полную информацию о состоянии процесса, подробностях испытания, достоверности результатов измерений, применяемых эталонах и вспомогательном оборудовании. Рассмотрим в качестве примера протокол автоматизированной поверки мультиметра Fluke 8846A (рис.7). В шаблоне протокола, разработанного на основе требований нормативных документов (Методик поверки СИ), приведена информация о поверяемом приборе и условиях проведения поверки, указаны наименование методики и процедуры автоматизированной поверки,

перечислены применяемые эталоны.

Далее последовательно приводится ход выполнения поверки СИ (рис.8). В протоколе могут быть отображены: поверяемый предел, поверяемая точка, измеренное значение, нормируемое значение погрешности, абсолютная погрешность измерения и др. Также может быть показан результат каждого

Протокол поверки № 870  
FLUKE 8846A цифровой мультиметр  
зав. № 3029010 дата поверки 24.06.2015

**Условия проведения поверки**

Наименование параметра	Нормируемые условия	Фактические условия
Температура окруж. среды	20±5 °С	24 °С
Относительная влажность	30-80%	43 %
Атмосферное давление	638-788 мм. рт. ст.	752 мм. рт. ст.
Напряжение сети	198-242 В	225,00 В
Частота	50±5 Гц	50,00 Гц
Коэффициент нелинейных искажений питания сети	5 %	0,8 %

**Имя процедуры поверки:** PG\_Fluke\_8846A\_5522A\_8508\_rs232  
**Методика поверки:** Мультиметры цифровые Fluke 8845A и Fluke 8846A. Методика поверки. ФГУП "ВНИИМС" 2014г.  
**Автор процедуры:** инженер-метролог Зуйков А.А.

**Примечание:** в графе TUR результатов поверки отображается отношение погрешности поверяемого средства измерения к погрешности применяемого эталона.

**Применяемые эталоны**

Описание	Дата аттестации	След.аттестации
Fluke 5522A калибратор зав. № 2079902	25.03.2015	25.03.2016
Fluke 8508A цифровой мультиметр зав. № 203564681	06.05.2015	07.05.2016

Рис.7. Начало протокола поверки мультиметра

		Применяемые эталоны				
Описание		Дата аттестации	След.аттестация			
Fluke 5522A калибратор зав. № 2079902		25.03.2015	25.03.2016			
Fluke 8508A цифровой мультиметр зав. № 203564681		06.05.2015	07.05.2016			
Результаты поверки						
Поверяемый предел	Поверяемая точка	Измеренное значение	Нормируемое значение погрешности	Результат теста	TUR	
Внешний осмотр прибора				годен		
Опробование прибора				годен		
Поверка режима измерения постоянного напряжения						
100 мВ	10.00 мВ	10.00252 мВ	0.0039 мВ	годен	3.25	
100 мВ	-10.00 мВ	-9.99743 мВ	0.0039 мВ	годен	3.25	
100 мВ	50.00 мВ	50.00215 мВ	0.0054 мВ	годен	2.70	
100 мВ	-50.00 мВ	-49.99724 мВ	0.0054 мВ	годен	2.70	
100 мВ	90.00 мВ	90.00141 мВ	0.0068 мВ	годен	2.43	
100 мВ	-90.00 мВ	-89.99678 мВ	0.0068 мВ	годен	2.43	
1 В	0.10 В	0.1000005 В	0.00 В	годен	3.33	
1 В	-0.10 В	-0.0999946 В	0.00 В	годен	3.33	
1 В	0.50 В	0.4999961 В	0.00 В	годен	2.67	

Рис.8. Ход выполнения поверки

измерения в виде годен/не годен (возможна цветовая индикация). Кроме того, в базе данных сохраняется множество параметров, которые могут быть нужны пользователю (метод расчета неопределенности, значение оценки неопределенности измерений и др.), при необходимости их тоже можно включить в отчет.

Показатель TUR (Test Uncertainty Ratio), указанный в крайнем справа столбце протокола поверки, определяется выражением:

$$TUR = \frac{\text{Погрешность поверяемого СИ}}{\text{Погрешность эталона}}$$

С его помощью можно оценить имеющийся запас по точности эталона, используемого при поверке. Взяв на вооружение этот параметр, метролог получает наглядный инструмент оценки эталонной базы. К примеру, если указанный в методике рекомендуемый эталон превосходит поверяемое СИ только в два раза (TUR=2), то метролог может решить для себя: согласиться с методикой поверки и оставить в поверочной схеме рекомендуемый эталон; либо дополнить поверочную схему эталонами, которые увеличат запас по точности, например, до трех (TUR=3).

Достаточная гибкость и возможность внедрения элементов аналитики в отчет (вывод отношения погрешностей поверяемого и эталонного средства измерений, выделение критических отклонений цветом и др.) существенно упрощают процедуру принятия решения по результатам измерений.

MET/CAL предусматривает встроенные отчеты, с помощью которых можно получить информацию о прослеживаемости в направлении от эталона к СИ (рис.9) и в обратном направлении (рис.10). С помощью этих отчетов удобно проследить всю цепочку поверки СИ, а, если требуется, то и выяснить, на каком этапе была допущена ошибка или имела место неисправность

эталонной базы. Шаблоны этих отчетов легко отредактировать.

### ПОГРЕШНОСТЬ И ОЦЕНКА НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ ИЗМЕРЕНИЙ

Особое внимание в программе MET/CAL уделено автоматизированной оценке погрешностей и вычислению неопределенностей результатов измерений. Для расчета погрешности поверяемого СИ в конкретных точках достаточно ввести формулу вычисления погрешности в код автоматизированной процедуры. Расчеты будут выполнены автоматически в процессе поверки СИ.

Иногда бывает необходимо не только провести поверку СИ, но и получить достоверную оценку выполненных измерений. В этом случае вводится понятие "Доверительный интервал", или "Величина сужения" – на эту величину уменьшается диапазон допускаемых значений измеряемого параметра (рис.11).

**Прямой отчет о прослеживаемости.**

**Отчет о прослеживаемости для прибора**

Номер в базе данных: 116  
 Производитель: KEYSIGHT  
 Модель: 34410A  
 Описание: цифровой мультиметр  
 Заводской номер: MY53011927  
 Дата и время поверки: 01.07.2015 @ 10:03:05

**Применяемые эталоны**

====> 01 Fluke 5522A калибратор , Дата поверки: 25.03.2015 13:16:52  
 ====> 02 Fluke 8508A цифровой мультиметр , Дата поверки: 06.05.2015 13:17:09

Рис.9. Отчет о прослеживаемости от СИ до эталона (прямая трассировка)

**Обратный отчет о прослеживаемости.**

**Используемый стандарт**

Номер в базе данных: 01  
 Производитель: Fluke  
 Модель: 5522A  
 Описание: калибратор  
 Заводской номер: 2079902

**Приборы поверенные с использованием эталона**

====> 81 KEYSIGHT 34411A цифровой мультиметр , Дата поверки: 08.06.2015 9:48:16  
 ====> 82 EXTENCH EX530 цифровой мультиметр , Дата поверки: 08.06.2015 11:36:11  
 ====> 83 EXTENCH EX530 цифровой мультиметр , Дата поверки: 08.06.2015 12:23:58  
 ====> 84 EXTENCH EX530 цифровой мультиметр , Дата поверки: 08.06.2015 14:45:47  
 ====> 85 EXTENCH EX530 цифровой мультиметр , Дата поверки: 08.06.2015 15:36:49  
 ====> 86 EXTENCH EX530 цифровой мультиметр , Дата поверки: 09.06.2015 8:37:08  
 ====> 87 EXTENCH EX530 цифровой мультиметр , Дата поверки: 09.06.2015 10:47:35  
 ====> 88 ПРОФИГРУПШ ОММЕГА 115 цифровой мультиметр , Дата поверки: 09.06.2015 11:48:20  
 ====> 89 EXTENCH EX530 цифровой мультиметр , Дата поверки: 09.06.2015 12:27:24

Рис.10. Отчет о прослеживаемости от эталона до СИ (обратная трассировка)

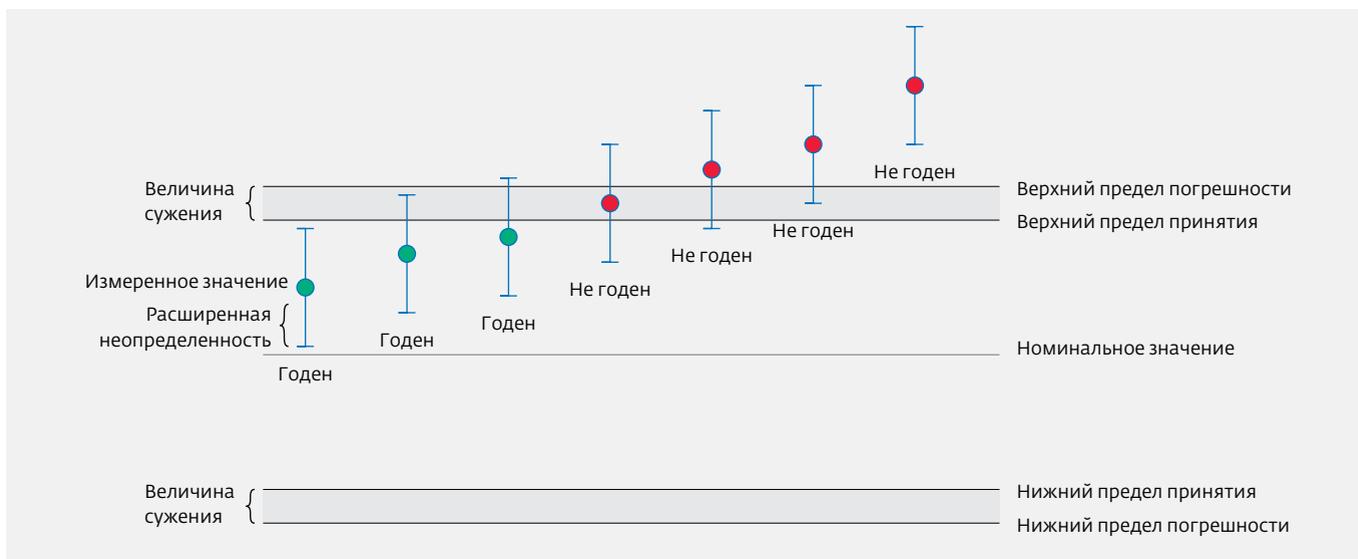


Рис.11. Алгоритм принятия решения о годности прибора

Доверительный интервал используется с целью минимизации вероятности принятия ошибочных решений по результатам измерений. Это аналог так называемого запаса точности, гарантирующего, что метрологические параметры СИ не выйдут за допустимые пределы в течение межповерочного интервала.

До начала измерения есть следующая информация: номинал измеряемого значения, диапазон допускаемых значений параметра (от верхнего до нижнего предела погрешности – см. рис.11). В процессе измерения получается расширенная неопределенность измерения в заданной точке. На основании специального алгоритма, заложенного в ПО Fluke MET/CAL, вычисляется величина сужения диапазона допускаемых значений. Появляются более жесткие по сравнению с первоначальными границы диапазона допускаемых значений. И уже относительно новых границ сравниваются полученные результаты измерений и принимается решение "годен" или "не годен". Алгоритм принятия решения следующий: прибор признается годным, если оценка (среднее значение) измеряемого параметра не превышает контрольного уровня (верхний/нижний предел принятия на рис.11). В противном случае выносится решение о негодности (непрохождении теста).

Программное обеспечение Fluke MET/CAL предлагает несколько алгоритмов расчета неопределенности измерений. Пользователь может выбрать оптимальный вариант расчета.

## РЕГУЛИРОВКА (ADJUSTING) СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЯ

Строго говоря, английский термин *adjusting* имеет значение "регулировка/настройка". В некоторых случаях

его вольный перевод звучит как "калибровка/перекалибровка". Для исключения путаницы примем термин "регулировка".

Регулировка СИ предполагает настройку измерительных цепей прибора для достижения заданных метрологических характеристик. Эта операция выполняется на заводе-изготовителе. Но в процессе работы СИ изменяются параметры его измерительных цепей, и прибор может не пройти очередную поверку. В таком случае в сервисном центре выполняется повторная регулировка измерительных цепей.

Для регулировки устаревших аналоговых приборов необходимо вскрывать их корпус. Архитектура современных СИ позволяет выполнять регулировку без проведения такой процедуры. В ходе регулировки прибора в его память записываются номинальные значения параметров элементов измерительной цепи, что обеспечивает заявленную производителем точность измерения. При регулировке, также как и при поверке, задействованы калибраторы и эталонные мультиметры.

В ПО Fluke MET/CAL включены готовые автоматизированные процедуры регулировки ряда приборов, взаимодействие с пользователем происходит с помощью специальных диалоговых окон. При наличии необходимой эталонной базы можно самостоятельно перепрограммировать СИ средствами метрологической службы.

Таким образом, ПО Fluke MET/CAL обладает широким функционалом, позволяющим учитывать многие аспекты метрологической деятельности. Применение MET/CAL способствует повышению эффективности выполнения измерений путем автоматизации процесса поверки и калибровки, при этом упрощаются регистрация результатов и вывод необходимых записей. ●