



СОЗДАНИЕ ЛАБОРАТОРИИ МАССЫ

Помещение, оборудование и трейнинг
Martin Firlus

Выходные данные

Издатель: Федеральный физико-технический институт (PTB)
Bundesallee 100
DE-38116 Braunschweig, GERMANY
Тел: +49 0531 592-8200
Факс: +49 0531 592-8225
E-Mail: dieter.schwohnke@ptb.de
www.ptb.de/q5

Ответственный: Dieter Schwohnke, PTB

Текст: Martin Firlus, PTB
E-Mail: Martin.Firlus@ptb.de

Оформление
и печать: Tamara Rygol, PTB
Jenko Sternberg Advertising Agency,
www.jenko-sternberg.de

Фотографии: Федеральный физико-технический институт,
Flickr (www.flickr.com)

Состояние на: Июнь 2009

Создание лаборатории массы

Точность и надёжность результатов взвешивания тесным образом связаны с местом установки компараторных весов, применяемыми гирями, условиями в помещении, где проводятся измерения, и квалификацией сотрудников. Место установки компараторных весов (помещение, где проводятся измерения) должно быть оборудовано так, чтобы мешающие воздействия от окружения (напр., сотрясения, климатические воздействия) оказывали минимальное влияние на результат измерений.

1. Требования к помещению для измерений

1.1 Пол должен позволять надёжную установку столов для весов по возможности без сотрясений.

Для этого необходимо отделить зону установки стола для весов от остального пола (разделительный шов). Это делается для предотвращения воздействия ударных шумов на компараторные весы и, тем самым, на результат взвешивания. Разделительный шов следует снова заделать при помощи подходящих изолирующих и герметизирующих средств.

Покрытие пола должно быть таким, чтобы не возникало дополнительного загрязнения от истирания и обеспечивалась оптимальная уборка (покрытие из ПВХ или гладкой каменной плитки).

1.2 Помещение для измерений не должно иметь окон (предотвращение воздействия солнечных лучей) и должно иметь только один вход (во избежание сквозняков). Стены помещения рекомендуется покрасить нестираемой стеной краской, не содержащей растворителей. Подходящая обшивка стен благодаря изолирующим свойствам также улучшает качество измерительного помещения.

1.3 Вид и продолжительность освещения измерительного помещения зависит от применяемой установки кондиционирования воздуха. Кондиционер, однако, следует устанавливать на достаточном расстоянии от стола с весами, чтобы свести к минимуму мешающее воздействие теплового излучения на компараторные весы и гири. Ежедневное включение и выключение светильников влияет на температуру в помещении для измерений и приводит к нежелательным колебаниям температуры. Поэтому светильники должны оставаться постоянно (круглосуточно) включёнными.

1.4 Установка компараторных весов и, тем самым, калибровка гирь производится при стабильных окружающих условиях. Для обеспечения таких неизменных условий в помещениях для измерений необходим кондиционер.

Температуру и относительную влажность воздуха при существующем давлении окружающего воздуха следует регулировать согласно рекомендациям МОЗМ¹⁾ R111 (см. 3.1). В любом случае необходимо следить за тем, чтобы окружающие условия соответствовали указываемым фирмой-изготовителем спецификациям к весам. Температура, например, должна находиться в диапазоне между 18 °C и 27 °C. По относительной влажности воздуха обычно рекомендуются значения от 40 % до 60 %, так как значения ниже 40 % могут приводить к электростатическому заряду, а значения свыше 60 % - к коррозии.

¹⁾ МОЗМ (OIML) – Международная организация законодательной метрологии (Organisation Internationale de Métrologie Légale)



2. Установка компараторных весов

- 2.1 Компараторные весы следует устанавливать на столы, которые:
- передают как можно меньше вибраций (что достигается за счёт большого собственного веса),
 - не прогибаются (большая прочность и толщина материала),
 - являются немагнитными (не применять сталь)
 - и антистатичными (не применять пластмассу или стекло).
- 2.2 Для установки компараторных весов требуются столы достаточно больших размеров. Стол должен служить исключительно как рабочее место для компараторных весов, и не для каких иных целей.

В лабораториях массы часто используются столы для весов из камня с полированной поверхностью.

Благодаря большому собственному весу они стоят очень прочно, а полированные поверхности позволяют оптимальную очистку.

3. Приборы для измерения плотности воздуха

- 3.1 Проведение калибровки требует регистрации параметров плотности воздуха (температура, относительная влажность и давление воздуха).

В международной рекомендации МОЗМ R 111 (2004), приложение C, раздел C.2, таблица C.1, приведены рекомендуемые значения для различных классов пределов погрешности.

Необходимо следить за тем, чтобы неопределённости применяемых измерительных приборов, определяющие неопределённость плотности воздуха, вошли в общую неопределённость результата взвешивания.

- 3.2 Если, напр., калибровки проводятся по классу пределов погрешности E2, то параметры плотности воздуха можно было бы определить с помощью следующих прослеживаемых измерительных приборов (d = разрешающая способность):

- стеклянный термометр; $d = 0,01$ °C или
- электрический термометр сопротивления, $d = 0,01$ °C,
- электрический емкостной датчик влажности, $d = 1$ % или
- психрометр Ассманна, $d = 0,1$ °C,
- барометр-анероид, $d = 0,5$ мбар или
- электронный барометр, $d = 0,1$ мбар.

- 3.3 Определение данных параметров плотности воздуха всегда следует выполнять до калибровки.

В рекомендации МОЗМ R 111 указаны температурные градиенты, превышать которые не рекомендуется.

Контроль соблюдения этой рекомендации во время калибровки возможен только в том случае, когда температура регистрируется непосредственно на месте измерения (напр., около компараторных весов). Обязательно необходимо также избегать изменения температуры. Зато для регистрации относительной влажности и давления воздуха достаточно замерить значения в помещении, где проводятся измерения.

- 3.4 Для выполнения указаний в рекомендации МОЗМ R 111 по температуре и относительной влажности воздуха все данные плотности воздуха следует непрерывно регистрировать. Благодаря электронной регистрации данных записанные в памяти результаты измерений можно в любое время вызывать и при потребности представлять в графической форме. Возможна и более простая регистрация с помощью механических самописцев барабанного типа. Для классов пределов погрешностей от E2 до M3 такой регистрации достаточно. Необходимо следить за тем, чтобы изменения (в течение 12 часов по температуре и в течение 4 часов для относительной влажности воздуха) соответствовали рекомендуемым значениям в таблице С.1.
- 3.5 Для определения плотности воздуха имеет значение географическое положение лаборатории массы (в особенности высота над уровнем моря).

Так, местная плотность воздуха не должна отличаться от расчётной эталонной плотности воздуха ($1,2 \text{ кг м}^{-3}$) больше, чем на 10 %.

Если отклонения составляют больше 10 %, в массу необходимо внести поправку на уравнивающий груз.

4. Компараторные весы

- 4.1 При выборе компараторных весов следует учитывать требуемые метрологические характеристики в соответствии со списком желаемых аспектов. Нужно обращать внимание на следующие характеристики:

- какие номинальные значения должен охватывать диапазон измерений компараторных весов
- какой класс пределов погрешности гирь предстоит калибровать
- какая требуется разрешающая способность и максимальная нагрузка
- нужна ли автоматическая калибровка со встроенной калибровочной гирей
- воспроизводимость
- линейность
- простое управление и удобное считывание результатов
- простая очистка весовой камеры



- 4.2 Если, напр., нужно проводить калибровки от 1 мг до 10 кг с классом пределов погрешности E2, то на практике хорошо показало себя распределение номинальных значений по четырём компараторным весам. Можно представить себе компараторные весы со следующей спецификацией:

Макс. нагрузка	Показание прибора	Номинальное значение
5 г	0,0001 мг	от 1 мг до 5 г
100 г	0,001 мг	от 10 г до 100 г
1 кг	0,01 мг	от 100 г до 1 кг
10 кг	0,1 мг	от 1 кг до 10 кг

- 4.3 Исходя из класса пределов погрешности, компараторные весы следует выбирать таким образом, чтобы исходящая от них доля неопределённости в общем результате взвешивания находилась в сбалансированном соотношении. Основная доля неопределённости компараторных весов рассчитывается из его стандартного отклонения (s). В первом приближении для значения стандартного отклонения можно принять значение, указанное в спецификации изготовителя. Следует, однако, иметь в виду, что это значение является определяющим для наименьшего номинального значения. Оно не должно превышать величины, составляющей 30 % от комбинированной стандартной неопределённости u_c ($k = 1$).

Пример:

$$\begin{aligned} & 1 \text{ мг E2}, U_{(k=2)} = 0,002 \text{ мг} \\ u_c &= U / 2 = 0,002 \text{ мг} / 2 = 0,001 \text{ мг} \\ s &= 0,3 \times 0,0010 \text{ мг} \leq 0,0003 \text{ мг} \end{aligned}$$

5. Гири

- 5.1 Важным условием сравнимости и объяснимости результатов измерений является их воспроизводимость. Необходимо, в частности, обеспечить совпадение показаний различных компараторных весов. Требуемые для этого гири должны путём сравнительных измерений с национальными эталонами гарантировать прослеживаемость к Международному прототипу килограмма.

В рекомендации МОЗМ R 111 гири классифицируются по классам пределов погрешности. Там подробно описаны требования к отдельным классам пределов погрешности (напр., свойства материала, структура поверхности и пр.).

- 5.2 Гири применяются для калибровки весов или для калибровки гирь более низкого класса точности. Класс пределов погрешности является обозначением класса для гирь, отвечающих определённым метрологическим требованиям с целью обеспечения того, чтобы значения массы находились в установленных пределах. Так, напр., гири класса пределов погрешности E1 можно использовать для калибровки гирь класса пределов погрешности E2.
- 5.3 Наборы гирь, требуемые для калибровочной лаборатории, следует иметь соответственно в двух экземплярах по каждому номинальному значению массы. Тогда всегда можно проводить калибровку и в тех случаях, когда какая-либо из гирь повреждена или набор гирь отдан на рекалибровку.
- 5.4 Наборы гирь, применяемые для калибровки других наборов гирь, следует хранить под стеклянными колпаками (напр., защита от загрязнений из-за пыли) в запираемых на ключ лабораторных шкафах.



6. Персонал

- 6.1 Лаборатория должна иметь руководящий и технический персонал, образование и квалификация которого отвечает требованиям калибровочной лаборатории.

Высшее образование в области естественных или технических наук (напр., машиностроение, физика) является предпосылкой для руководящего персонала калибровочной лаборатории.

- 6.2 Курсы обучения и усовершенствования в других государственных институтах или аккредитованных калибровочных лабораториях способствуют повышению квалификации при применении международных стандартов и рекомендаций (напр., EA ¹⁾, МОЗМ).
- 6.3 Основательное обучение обслуживающего персонала является предпосылкой для правильной процедуры измерений и решающим образом влияет на качество результата измерений. Следует регулярно проводить обучение и курсы повышения квалификации в собственной калибровочной лаборатории. Благодаря дополнительному обучению на имеющихся измерительных приборах это позволит углубить и укрепить практические и теоретические знания.
- 6.4 Если в стране имеются другие калибровочные лаборатории, то следует организовывать семинары для обучения и повышения квалификации сотрудников (проводимые руководством национальной калибровочной лаборатории). Это позволит достичь и обеспечить непрерывное повышение стандартных требований к качеству калибровочной лаборатории.

Список требований, которые необходимо учитывать:

- МОЗМ R111 (2004)
- ISO/IEC 17025:2005
- GUM ²⁾
- EA 4/07: Traceability of Measuring and Test Equipment to National Standards («Прослеживаемость измерений и испытательного оборудования к национальным эталонам»)



¹⁾ EA = European Co-operation for Accreditation
(Европейская кооперация по аккредитации)

²⁾ GUM = Guide to the Expression of Uncertainty in Measurement
(Руководство по выражению неопределенности в измерениях)

