

**12 советов, которые помогут добиться
стабильных результатов измерения при
эксплуатации микровесов**



AND *...Clearly a Better Value*
A&D Company, Limited

Знакомы ли вам эти проблемы и сомнения при работе с микровесами?

- ▶ Значение на дисплее постоянно меняется и не может стабилизироваться.
- ▶ Нет уверенности в том, что микровесы установлены правильно.
- ▶ Повторные результаты измерения одного и того же образца не совпадают.
- ▶ Есть ощущение, что с весами что-то не в порядке.

Микровесы – это чрезвычайно чувствительное устройство. Цена шкалы микровесов составляет всего лишь 1 мкг (микрограмм), что эквивалентно 1/1000000 веса обычной скрепки (приблизительно 1 г), а их дискретность, если в качестве примера взять весы VM-20 производства компании A&D, может достигать значения 1/22000000. Если провести сравнение с измерением длины, то данная дискретность равноценна возможности измерения расстояния от Лондона до Парижа (приблизительно 340 км) с инкрементом всего в 1,5 см!

Не удивительно, что при такой сверхчувствительности, любое, даже малейшее воздействие со стороны рабочих условий или не вполне корректное обращение с микровесами может привести к значительным негативным последствиям с точки зрения стабильности результатов. Основная трудность заключается в том, что большинство пользователей не догадываются о причинах данной проблемы.

В этом буклете мы попытаемся пролить свет на типичные факторы, относящиеся к установке весов и работе с ними и приводящие к нестабильным результатам взвешивания.

В случае если после ознакомления с данными рекомендациями при работе с микровесами у вас по-прежнему будут возникать проблемы, или вам потребуется заключение эксперта, обратитесь в ближайшее представительство компании A&D.

Содержание

Используемые термины их значение	4
--	---

Советы, относящиеся к установке микровесов

Совет 1. Избегайте воздействия вибрации или устраните все возможные источники вибрации, даже если вы ее не ощущаете	6
Совет 2. Обеспечьте стабильное значение температуры в помещении	8
Совет 3. Обеспечьте стабильный уровень относительной влажности	10
Совет 4. Перед началом работы прогрейте весы, таким образом, чтобы они акклиматизировались к температуре и влажности в помещении	10
Совет 5. Не допускайте изменений в направлении потоков воздуха и скачков атмосферного давления	12

Советы, относящиеся к использованию микровесов

Совет 6. Не допускайте наличия или возникновения статического электричества.....	14
Совет 7. Минимизируйте возможность возникновения конвекционных потоков внутри весовой камеры микровесов.....	16
Совет 8. Не допускайте воздействия на микровесы тепла вашего тела и дыхания	17
Совет 9. При работе с микровесами старайтесь не воздействовать на весовой датчик	17
Совет 10. Для быстрой проверки параметров рабочих условий в данный момент времени используйте встроенную калибровку	18
Совет 11. Установите постоянный временной интервал для считывания значения на дисплее	18
Совет 12. Отмените функцию отслеживания нуля при взвешивании образцов весом до 100 мкг	19

Используемые термины и их значения

Нулевая точка и чувствительность

Нулевой точкой является выводимое на дисплей значение, до того как на чашу весов помещается взвешиваемый образец. Она служит базовой точкой измерения. В свою очередь чувствительность это величина изменения значения на дисплее, после того как на чашу весов помещается взвешиваемый образец. Иными словами - чистый вес образца.

Для того чтобы получить значение чувствительности, нужно вычесть значение в нулевой точке из значения дисплея после того, как на весы был помещен образец. При обычной работе весов следует обнулять значение дисплея перед каждым взвешиванием, используя клавишу zero/tare или функцию отслеживания нуля (zero tracking)*. Таким образом, измеренное значение на дисплее будет совпадать со значением чувствительности.

*При включенной функции отслеживания нуля (zero tracking) весы в автоматическом режиме отслеживают нулевую точку и не допускают отклонения дисплея от нулевого значения.

Повторяемость

Повторяемостью называется величина отклонения измеренных значений, вычисленная в по результатам ряда последовательных взвешиваний одного и того же образца, выполненных одним и тем же человеком в одинаковых рабочих условиях (мы основываемся на предположении, что на стабильность результатов влияют не только сами весы, но и оператор, выполняющий взвешивание, тип образца, процедура измерения и окружающие рабочие условия).

Повторяемость обычно выражена стандартным отклонением (σ), вычисленным на основе ряда измеренных значений чувствительности. Например, стандартное отклонение 0,004 мг означает то, что результаты (значения чувствительности) нескольких повторных взвешиваний будут находиться в пределах $\pm 0,004$ мг от их среднего значения с вероятностью 68% (см. Рис. 1).

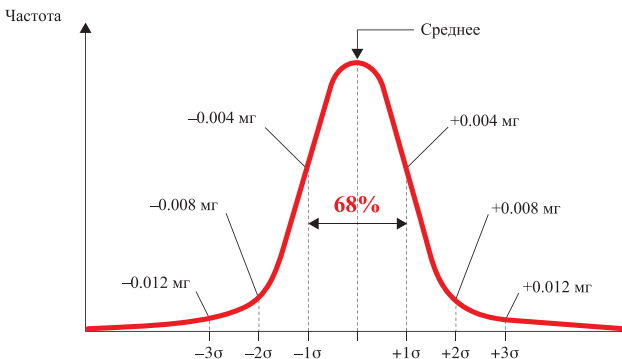


Рисунок 1. Предполагаемое распределение при стандартном отклонении 0,004 мг.

Дрейф нулевой точки

Значения нулевой точки и чувствительности будут изменяться, или «дрейфовать», вместе с изменением температуры в помещении или под воздействием других факторов.

Целью взвешивания является определение значения чувствительности. Поэтому производители весов обычно указывают возможную величину дрейфа этого значения (дрейфа чувствительности). Однако практически никто из производителей не предоставляет данных о дрейфе нулевой точки, которая намного более подвержена воздействию окружающих условий.

Изменяющееся, нестабильное значение на дисплее после того как на весы положили взвешиваемый образец, свидетельствует о дрейфе нулевой точки. Значение чувствительности при этом остается достаточно стабильным (См. Рис. 2). Функция отслеживания нуля обнуляет значение дисплея только в начале выполнения каждого из измерений.

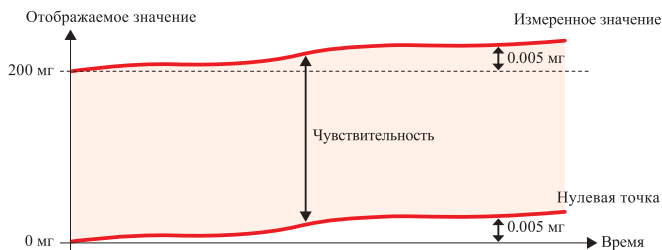


Рисунок 2. Значение чувствительности остается достаточно стабильным, тогда как нулевая точка «дрейфует».

Частые во времени колебания нулевой точки также отрицательно воздействуют на повторяемость результатов. Соответственно, стабильность при выполнении взвешиваний на микро-уровне во многом зависит от того, насколько успешно вам удастся подавить колебания нулевой точки.

Советы, относящиеся к установке весов

Совет 1

Избегайте воздействия вибрации или устранили все возможные источники вибрации, даже если вы ее не ощущаете

Зачем это нужно?

Микровесы чрезвычайно подвержены незначительной вибрации, которая может быть вызвана:

- Сильными порывами ветра, которые раскачивают здание (или прилегающие здания)
- Высокими уровнями приливов и большими волнами на побережье
- Перемещениями персонала, тележек, погрузчиков и т.д.
- Отдаленными подземными толчками и т.д.



Решение проблемы

Ниже приведен список возможных способов минимизации отрицательного воздействия вибрации:

- 1 Установите микровесы в углу помещения близко к стене.
Центральная часть комнаты имеет менее устойчивую конструкцию, поэтому пол более подвержен воздействию вибрации. В то же время в углу комнаты, как правило, располагаются конструктивные опоры, снижающие воздействие вибрации.
- 2 Выберите для установки микровесов место вдали от прохода.
По возможности установите микровесы в тупиковой зоне, где движение минимально. Кроме того избегайте установки весов около двери, поскольку при ее открытии и закрытии может возникать вибрация и другие вредные воздействия.
- 3 Установите микровесы на тяжелом, прочном рабочем столе, предназначенном исключительно для выполнения взвешивания.
Рабочий стол должен располагаться на расстоянии нескольких сантиметров от стены и других предметов, чтобы избежать передачи от них вибрации.
- 4 Используйте пассивный антивибрационный стол, рекомендованный производителем весов, например AD-1671 производства компании A&D.



Следует учитывать то, что активные антивибрационные столы, использующие пневматические подвески, сами являются источниками вибрации и непригодны для работы с микровесами.

- 5 Не следует выполнять измерения во время и сразу после землетрясения или прохождения атмосферных фронтов.

В настоящее время не определен метод устранения низкочастотных вибраций, вызванных данными природными явлениями. Кроме того, если здание построено с применением поглощающих конструкций, после землетрясения потребуется несколько дней для восстановления стабильной работы весов.

- 6 Уменьшите скорость выполнения взвешивания.

Большинство весов в настоящее время позволяют уменьшать скорость отклика с тем, чтобы улучшить стабильность взвешивания.

Кроме того, желательно устанавливать весы в помещениях вдали от интенсивного движения транспорта и маршрутов перемещения тяжелых объектов (7), на первых этажах зданий, выполненных из жестких конструкций и построенных на прочном фундаменте (8).

Совет 2

Обеспечьте стабильное значение окружающей температуры.

Зачем это нужно?

Колебания окружающей температуры воздействуют не только на точность измерений, но и на стабильность нулевой точки (См. «Нулевая точка и чувствительность», а также «Дрейф нулевой точки»).

Смещение нулевой точки обычно не отражается на дисплее, если включена функция отслеживания нуля (zero tracking). Однако, изменяющаяся (дрейфующая) нулевая точка оказывает отрицательное влияние на результаты взвешивания, ухудшая параметр повторяемости микровесов.

Решение проблемы

Ниже приведен список возможных способов минимизации отрицательного воздействия при изменении окружающей температуры:

- 1 Поддерживайте температуру в помещении в определенном диапазоне. При необходимости используйте кондиционер.

В течение суток не рекомендуются колебания температуры более 4°C (в диапазоне от 10 до 30°C) и краткосрочные колебания более 0,2°C за 30 минут.

- 2 В то же время держите микровесы вдали от выходного отверстия кондиционера и закрывайте их внешним противосквозняковым боксом (экраном), например AD-1672 производства компании A&D.

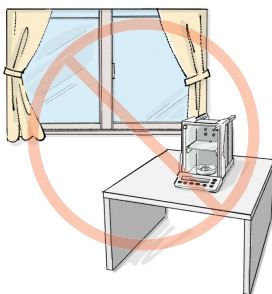
Хотя кондиционеры позволяют поддерживать температуру в помещении на стабильном уровне, они создают нежелательные потоки воздуха. Кроме того, постоянные включения и выключения кондиционера около установленного значения температуры создают колебания порядка 0,5°C. Потоки воздух в комбинации с незначительными температурными колебаниями оказывают особенно сильное воздействие на стабильность микровесов (См. также Совет 5 «Не допускайте изменений в направлении потоков воздуха и скачков атмосферного давления» на стр. 12).



AD-1672 ветрозащитный бокс

Для устранения данной проблемы не располагайте микровесы под прямыми потоками воздуха. В дополнение к установке весов на соответствующем расстоянии от кондиционера, рекомендуется использовать внешний противосквозняковый бокс, полностью закрывающий весы. Неплохой идеей также является установка перегородки между кондиционером и зоной работы весов.

- 3 Не располагайте вблизи микровесов нагревательные приборы (нагреватели, лампы и т.д.), по возможности не располагайте их в одном помещении с весами. Если вы не можете переместить данные устройства, не выполняйте измерения во время их работы (См. «Конкретный пример» на стр. 11).
- 4 Не устанавливайте микровесы вблизи окон и дверей, а также в местах, где на них воздействуют прямые солнечные лучи. Кроме того, внешние стены здания часто имеют температуру выше или ниже температуры в помещении. По этой причине микровесы лучше устанавливать вблизи межкомнатных стен.



- 5 Устанавливайте весы на неметаллическом рабочем столе, выполненном из материала с низкой теплопроводимостью. Рабочий стол должен находиться на расстоянии нескольких сантиметров от стены, чтобы не допустить передачи от нее тепла.
- 6 Для установки весов выберите просторное помещение и ограничьте поток людей во время измерения. Тепло человеческого тела может заметно увеличить температуру в небольшой комнате.

Совет 3

Обеспечьте стабильный уровень относительной влажности

Зачем это нужно?

Скопление влаги на весовом датчике или ее рассеивание, вызываемые колебаниями уровня относительной влажности, могут также привести к дрейфу нулевой точки.

Решение проблемы

Контролируйте изменения уровня влажности, при необходимости используйте кондиционер.

Не рекомендуются колебания относительной влажности более 10%.

Совет 4

Перед началом работы прогрейте весы, таким образом, чтобы они акклиматизировались к температуре и влажности в помещении

Зачем это нужно?

После подключения микровесов к сети им требуется от 6 до 8, а иногда и до 12 часов, чтобы приспособиться к окружающим условиям. Во время этого временного отрезка значение дрейфа нулевой точки существенно возрастает (См. «Конкретный пример» на стр. 11).

Решение проблемы

Установите и подключите микровесы к сети, по меньшей мере, за сутки до начала выполнения измерения. При этом следует поддерживать постоянные рабочие условия.

Чем дольше микровесы подключены к источнику питания, тем стабильнее характеристики электронных компонентов и тем равномернее распределение температуры внутри устройства. Соответственно, рекомендуется постоянно держать весы подключенными к источнику питания.

Конкретный пример

На графиках, приведенных ниже, отображены данные полученные в результате наблюдения за состоянием микровесов VM-22* производства компании A&D в исследовательской лаборатории одного из японских университетов. Наблюдение проводилось в течение 24 часов. В ходе него встроенная калибровочная гиря (весом приблизительно 20 г) поднималась и опускалась в автоматическом режиме каждые 40 секунд. Одновременно производилась запись значений температуры весов, нулевой точки и чувствительности (График 1).

Кроме того, для каждых последовательных значений чувствительности было вычислено значение повторяемости (стандартное отклонение) (График 2).

Как видно на графиках, значения нулевой точки и чувствительности зависят от изменения температуры.

* Модель VM-22 с изменяемым (smart) диапазоном с НПВ 5,1 г/22 г и дискретностью 0,001 мг/0,01 мг. Повторяемость результатов для образца весом 1 г составляет 0,004 мг.

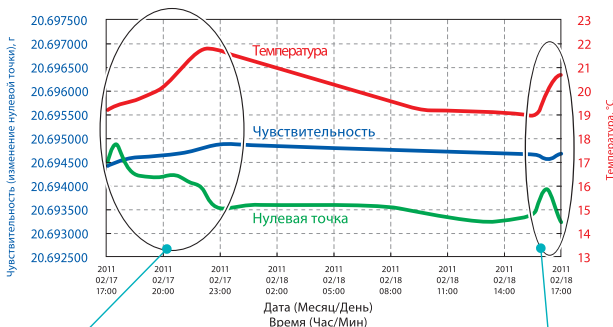


График 1. Изменения значения температуры, нулевой точки и чувствительности в течение 24 часов.

Эффект от прогрева VM-22

Резкое увеличение температуры из-за работы нагревательного прибора

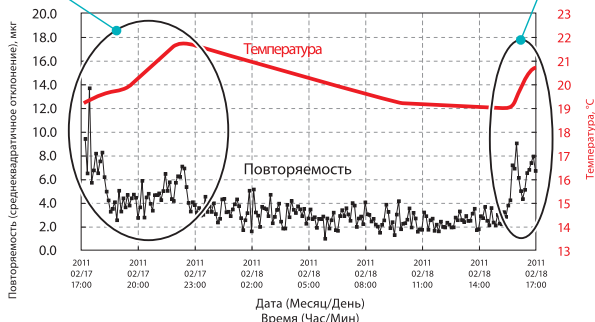


График 2. Изменения значения температуры и повторяемости результатов в течение 24 часов.

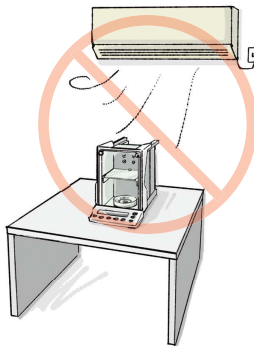
Совет 5

Не допускайте изменений в направлении потоков воздуха и скачков уровня атмосферного давления.

Зачем это нужно?

Даже незначительное движение воздуха в помещении воздействует на работу микровесов. Потоки воздуха от кондиционера не только раскачивают весы, но и вызывают колебания температуры, которые оказывают существенное воздействие на точность взвешивания на микро-уровне (См. также Совет 2 «Обеспечьте стабильное значение температуры в помещении» на стр. 8).

Завихрения потоков воздуха или небольшие скачки атмосферного давления, вызванные перемещением персонала или открытием/закрытием дверей, также понижают стабильность результатов микровесов.



Решение проблемы

Ниже приведен список возможных способов минимизации отрицательного воздействия, создаваемого воздушными потоками и колебаниями уровня атмосферного давления:

- 1 Держите микровесы подальше от устройств, вызывающих движение воздуха, таких как вентиляторы и кондиционеры. Если это невозможно, установите разделительную перегородку.
- 2 Установите на весы внешний противосквозняковый бокс (защитный экран), например, AD-1672 производства компании A&D. Кроме защиты от воздушных потоков противосквозняковый бокс уменьшает эффект от изменений температуры в помещении.
- 3 По возможности установите раздвижные двери, вместо обычных. Это поможет уменьшить колебания атмосферного давления в помещении при открытии и закрытии дверей. Избегайте установки микровесов в воздухонепроницаемых помещениях.
- 4 Не следует устанавливать микровесы вблизи двери, через которые часто входят и выходят люди – это мешает работе весов.

Не следует выполнять измерения во время резких колебаний атмосферного давления.

Резкие колебания атмосферного давления, а также раскачивание здания сильными порывами ветра, вызванные прохождением атмосферного фронта затрудняют работу весов (См. также Совет 1 «Избегайте или устраните все возможные источники вибрации, даже если вы их не ощущаете» на стр. 6-7).

Для стабильного взвешивания желательно, чтобы суточные колебания атмосферного давления не превышали 10 гПа (гектопаскаль).

Наблюдение за рабочими условиями

Как уже стало понятно, окружающие условия оказывают существенное воздействие на стабильность работы микровесов. Поэтому, использование прибора, например, AD-1687 производства компании A&D, который выполняет измерение основных параметров окружающей среды, является чрезвычайно полезным.

Прибор AD-1687 позволяет отслеживать и записывать в хронологическом порядке с указанием даты и времени колебания температуры, относительной влажности, атмосферного давления и даже уровня вибрации. Кроме того, при подключении AD-1687 к весам производства A&D, вместе с данными об окружающей среде, прибор может сохранять данные о массе образца, переданные с весов.



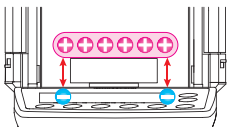
AD-1687 регистратор внешних условий

Совет 6

Не допускайте наличия или возникновения статического электричества

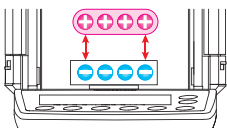
Зачем это нужно?

Статическое электричество, хотя ему и не уделяется должного внимания, может существенно уменьшить точность работы весов. Статически заряженный предмет вызывает заряд с противоположной полярностью в расположенных рядом предметах. Образующееся в результате притяжение, значительно затрудняет получение стабильных результатов при взвешивании.



Погрешности, возникающие при взвешивании статически заряженного образца

Образец будет казаться тяжелее. По мере рассеивания статического заряда в воздух или в чашу весов значение будет изменяться.



Погрешности, возникающие при приближении статически заряженного объекта

Притяжение, вызванное статическим электричеством, во время взвешивания может привести к смещению чаши весов в противоположном направлении и изменить измеряемое значение.

Бумажные фильтры, одноразовые лодочки для взвешивания и пластиковые контейнеры для центрифуг могут получить статический заряд даже при обычной эксплуатации. Под воздействием статического заряда порошковые материалы могут смещаться и смешиваться.

Решение проблемы

Ниже приведен список возможных способов минимизации отрицательного воздействия статического электричества:

- 1 Поддерживайте уровень относительной влажности в помещении выше 40%. Падение относительной влажности ниже данного уровня приводит к возникновению статического электричества. Зимой в сухом климате людям и их одежде часто сообщается статический заряд.

- ② Используйте микровесы, весовая камера которых изготовлена из токопроводящего стекла, например, VM-20/22 производства компании A&D.
Это предотвратит проникновение заряда в весовую камеру, в случае если оператор является его носителем.
- ③ В условиях низкой влажности не следует использовать пластиковые или стеклянные контейнеры. Вместо них лучше использовать металлические контейнеры. Непроводящие материалы, такие как пластик и стекло, легко получают статический заряд.
- ④ Используйте ионизатор (устройство устранения статического заряда). Еще лучшим решением является использование микровесов со встроенным ионизатором, таких как VM-20/22 производства A&D.



AD-1683 устройство для снятия статического заряда

Встроенный безвентиляторный ионизатор



VM-20 микровесы

Это самый быстрый, простой и верный способ полного устранения статического заряда с взвешиваемых образцов и контейнеров. Для снятия статического заряда потребуется всего лишь поддержать образец и контейнер перед ионизатором в течение одной-двух секунд до начала взвешивания.

Ионизаторы производства компании A&D представляют собой безвентиляторные устройства постоянного тока, не создающие движения воздуха, который мог бы стать причиной смещения образцов из порошковых материалов.

Совет 7

Минимизируйте возможность возникновения конвекционных потоков внутри весовой камеры микровесов

Зачем это нужно?

Если, например, образец поступил из другого помещения, и вы сразу же выполняете взвешивание, температура образца может отличаться от окружающей температуры.

Если температура взвешиваемого образца выше окружающей температуры, вокруг него образуется слой теплого воздуха, который поднимается вверх, смещая в том же направлении образец и измеренное значение его веса по этой причине будет меньше реального значения (См. Рис. 3). Наоборот, если температура образца ниже окружающей температуры, измеренное значение его веса будет больше реального значения.

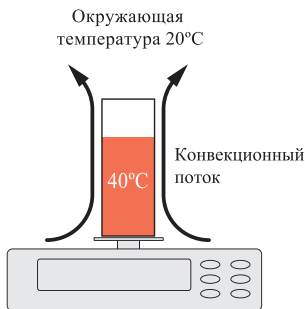


Рисунок 3. Конвекционный поток

По мере охлаждения образца и ослабления конвекционного потока, значение на дисплее постепенно увеличивается, что приводит к нестабильности результатов измерения.

Кроме того, конвекционный поток может возникнуть при открытии дверцы весовой камеры. Это приводит к небольшим колебаниям температуры в камере и может стать причиной дрейфа значения и снижения повторяемости результатов. Присутствие руки оператора в весовой камере также приводит к температурным изменениям.

Решение проблемы

Прежде чем выполнять измерение, оставьте взвешиваемый образец и контейнер около микровесов или, если возможно, разместите его внутри весовой камеры, на период достаточный для адаптации к температурным условиям в помещении.

При размещении взвешиваемого образца на чаше весов, откройте дверцу камеры на минимальное расстояние и затем аккуратно, но быстро закройте ее.

Никогда не берите образец или контейнер рукой. Вместо этого используйте пинцет достаточной длины.

Совет 8

Не допускайте воздействия на микровесы тепла вашего тела и дыхания

Зачем это нужно?

Тепло, выделяемое вашим телом или передаваемое вашим дыханием, может повлиять на работу весового датчика и стать причиной дрейфа измеряемых значений. Интенсивное дыхание может также привести к потерям в стабильности.

Решение проблемы

Не следует приближаться к микровесам на слишком близкое расстояние. Примите меры к ограничению выделения тепла вашим телом и дыханием: при работе с микровесами носите белый халат и хирургическую маску. Не выполняйте измерение сразу после приема пищи, поскольку в это время количество тепла, выделяемого вашим телом, увеличивается.

Оптимальным решением является использование внешнего противосквознякового бокса (защитного экрана), например, AD-1672 производства компании A&D.

Совет 9

При работе с микровесами старайтесь не воздействовать на весовой датчик

Зачем это нужно?

Механические воздействия на весовой датчик приводят к колебаниям нулевой точки и снижению повторяемости результатов.

Решение проблемы

Для того чтобы избежать воздействия на датчик, не следует резко открывать и закрывать дверцы противосквознякового бокса.

Избегайте контакта чаши весов с пинцетом при размещении на ней образца.

Максимально аккуратно нажимайте клавиши микровесов, в идеале, используйте пульт дистанционного управления, например, AD-8922A производства компании A&D.



**AD-8922A устройство
дистанционного управления**

Пульт дистанционного управления особенно полезен при установке микровесов на антивибрационном столе, поскольку любое вертикально направленное усилие раскачивает весы и приводит к потере точности.

Также рекомендуется выполнить «превзвешивание» - положить образец на чашку весов один-два раза перед реальным взвешиванием.

Совет 10

Для быстрой проверки параметров рабочих условий в данный момент времени используйте встроенную калибровку

Подсчитайте количество секунд, необходимое для выполнения встроенной калибровки. Если калибровка занимает больше времени, чем обычно, это является признаком того, что какой-то параметр рабочих условий не соответствует норме и измерение лучше отложить.

В качестве способа диагностики рабочих условий, микровесы VM-20/22 производства компании A&D, позволяют выполнить автоматический тест на повторяемость, в ходе которого в автоматическом режиме выполняется 10 измерений веса калибровочной гири (приблизительно 20 г) и вычисляется стандартное отклонение.

Совет 11

Установите постоянный временной интервал для считывания значения на дисплее

Поведение микровесов может незначительно отличаться в зависимости от различных условий измерения, включая привычки оператора. Используя секундомер, определите для себя, через сколько секунд после размещения образца на чаше весов, вам удобно снимать показания дисплея. Если это, скажем, 20 секунд, то при выполнении всех измерений считывайте значение на дисплее через 20 секунд.

При таком подходе микровесы показывают более стабильные результаты.

Совет 12

Отмените функцию отслеживания нуля при взвешивании образцов весом до 100 мкг. Если вес образца не превышает 100 мкг, увеличение измеряемого значения происходит настолько медленно, что при активной функции отслеживания нуля (zero tracking), микровесы могут воспринять ее как дрейф нулевой точки. Как результат, на дисплее будет отражаться нулевое значение.

Обратите внимание на то, что при отключенной функции отслеживания нуля, дрейф нулевой точки отражается на дисплее. Соответственно, перед каждым измерением рекомендуется выполнять обнуление дисплея, используя клавишу $ge-zero$.

