

АНАЛИЗАТОР ВЛАЖНОСТИ  
АВГ - 60

*Указания по применению*

НПП «Госметр»  
Санкт-Петербург  
2018 г.

# Содержание

## **Введение**

### **1. Измерение массовой доли влаги**

1-1 Методы измерений массовой доли влаги и их особенности

1-2 Особенности метода определения потери в массе при высушивании

### **2. Особенности АВГ-60**

2-1 Метод нагрева

2-2 Большая чашка

2-3 Программы нагревания (режимы измерений)

### **3. Меры безопасности при измерении массовой доли влаги**

3-1 Калибровка по температуре

3-2 Ламповый нагрев

3-3 Настройка основных параметров АВГ-60

### **4. Подготовка и загрузка образцов**

4-1 Твердые образцы

4-2 Гранулы и порошки

4-3 Жидкости

4-4 Образцы с высоким содержанием воды

### **5. Условия нагрева**

5-1 Термостойкие образцы

5-2 Образцы, разлагающиеся при определенной температуре

5-3 Образцы с изменяющейся массовой долей влаги в зависимости от температуры нагрева

### **6. Передача данных на принтер или компьютер и построение графиков**

### **7. Примеры измерений, загрузки образца и состояний после сушки**

7-1 Измерения столовой соли

7-2 Измерения молока

7-3 Измерение сахарного песка

7-4 Измерения майонеза

7-5 Измерение пластиковых гранул

7-6 Измерение растворимого кофе

7-7 Измерение тартрат натрия дигидрата

7-8 Таблица с результатами измерений

### **8. Причины расхождений при измерении массовой доли влаги и меры противодействия**

8-1 Образцы с различными низкокипящими веществами

8-2 Образцы с различными высококипящими веществами

8-3 Вязкие образцы

8-4 Окрашенные образцы

## Введение

При первом использовании анализатора влажности АВГ-60 требуется время для определения формы образца, настройки температуры для сушки и режима измерений. Следуя указаниям по применению, можно выполнить точные измерения. В данном указании по применению описываются результаты реальных измерений массовой доли влаги в различных образцах с применением анализатора влажности АВГ-60. Используйте их в качестве справочной информации для определения формы образца и температурных условий, необходимых для точного измерения массовой доли влаги в различных образцах.

### 1. Измерение массовой доли влаги

#### 1-1 Методы измерений массовой доли влаги и их особенности

Массовая доля влаги указывает на долю влаги, содержащейся в образце. Она выражается в процентах от массы. Для некоторых жидких образцов массовая доля влаги может выражаться в процентах от объема. Существуют несколько методов измерений массовой доли влаги. Ниже описаны основные методы и их особенности.

##### (1) Метод Карла Фишера

Данный метод применяется для количественного определения воды в веществах. В нем используется специфичная реакция воды на реактив Карла Фишера, содержащий йод, диоксид серы и пиридин в присутствии метанола. Данный метод может быть выполнен кулонометрическим титрованием или волюметрическим титрованием. При кулонометрическом титровании образец добавляют в реактив Карла Фишера, он подвергается электролитическому окислению с выделением йода. Так как йод выделяется согласно закону Фарадея пропорционально количеству заряда, то сразу же можно определить количество воды, исходя из количества заряда, пошедшего на электролитическое окисление. При волюметрическом титровании в колбе для титрования образец смешивают с соответствующим дегидратированным растворителем, обезвоженным с помощью титранта. Затем титрование происходит с помощью титранта со стандарт-титром (мг  $\text{H}_2\text{O}/\text{мл}$ ). Массовую долю влаги образца определяют по объему титранта (мл). На рынке доступны автоматические волюметрические титраторы, основанные на данных методах.

##### (2) Метод определения потери массы при высушивании

Данный метод заключается в нагревании образца до испарения воды и определения массовой доли влаги по уменьшению массы. Метод определения потери массы при высушивании описан в японских промышленных стандартах (JIS) для измерений массовой доли влаги нелетучих веществ, содержащихся в древесине (JIS Z 2101), ингредиентах резиновой смеси (JIS K 6220), клеящих веществах (JIS K 6833) и терморезистивных пластмассах (JIS K 6911). Процедура предполагает взвешивание массы образца на весах перед сушкой. Затем образец сразу же помещают в сушильный шкаф, нагретый до заданной температуры. После сушки в течение определенного периода времени образец изымают и охлаждают до комнатной температуры некоторое время в эксикаторе. После сушки его взвешивают и определяют массовую долю влаги с учетом массы до и после сушки. То есть воду и летучие вещества считают потерей массы, которая происходит во время нахождения образца в сушильном шкафу.

В основе работы анализатора влажности АВГ-60 лежит метод определения потери массы при высушивании. Сушильный шкаф расположен над весами. Галогеновая лампа используется в качестве источника тепла для нагрева и сушки образца. Масса образца постоянно измеряется, начиная с нагрева от комнатной температуры и до испарения воды. Массу после высушивания используют для расчета массовой доли влаги. Данный метод отличается от вышеописанного метода определения потери массы при высушивании только тем, что в нем отсутствует этап охлаждения. При нагревании с помощью

галогеновой лампы испаряются летучие вещества и вода, поэтому собственно массовую долю влаги нельзя определить методом потери массы. Совсем недавно данный метод начал широко использоваться, потому что он очень прост и с его помощью можно наблюдать за промежуточными этапами, постоянно взвешивая массу образца.

### (3) Метод инфракрасной абсорбции

Характерной особенностью воды является поглощение ближнего инфракрасного диапазона излучения определенной длины волны. Количество поглощенного инфракрасного излучения увеличивается при увеличении количества воды, содержащейся в веществе. Содержание воды в образце можно измерить с помощью облучения светом определенной длины волны и измерения отраженного света. Так как на свет на данной длине волны могут влиять разные факторы, то отраженный свет измеряют на другой длине волны, не подверженной влиянию воды, а массовую долю влаги определяют, исходя из их соотношения. Данный метод позволяет проводить непрерывные бесконтактные измерения.

## 1-2 Особенности метода определения потери в массе при высушивании

Когда образец нагревают, то вода и летучие вещества, содержащиеся в нем, испаряются, а масса образца уменьшается. Когда вода и летучие вещества полностью испарятся, снижение массы прекращается, и отображается стабильное значение массы. Массовая доля влаги определяется путем деления разности окончательной стабильной массы и первоначальной массы образца на первоначальную массу образца. При нагревании вода и летучие вещества испаряются, но это может привести к разложению самого образца. Кроме того, следует учитывать, что с помощью данного метода можно получить значение большее, чем фактическое значение воды и летучих веществ, содержащихся в образце. Однако, данный метод используют в различных сферах деятельности, так как для него почти не требуется никаких реактивов и предварительной подготовки образца, также для него не нужна дорогая аппаратура, а диапазон измерений составляет от 0,01 до 100 %.

## 2. Особенности АВГ-60

### 2-1 Метод нагрева

Существуют различные методы нагрева образцов. К традиционным методам относятся нагрев при пропускании тока через проводник или нагрев с помощью лампы.

Использование тока, проходящего через проводник, есть один недостаток - необходимо некоторое время до начала нагрева, что приводит к сравнительно долгому времени измерений. Однако при этом образец не перегревается. В большинстве современных анализаторах влажности применяется метод нагрева с помощью лампы. Ламповый нагрев имеет большую мощность и позволяет достичь высокой температуры за короткое время. Недостаток заключается в том, что температура нагревательного элемента лампы возрастает при высокой мощности и быстро нагревает образец, что приводит к разложению части поверхности образца.

В АВГ-60 для нагрева применяется галогеновая лампа. Таким образом, если быстрый нагрев или режима высокой температуры применяются для образца, который разлагается при высокой температуре, поверхность образца может сгореть, а часть образца может разложиться. Следовательно, оптимальная температура и температурная программа могут отличаться в зависимости от цвета образца и температуры разложения, поэтому в некоторых случаях необходимо находить оптимальные условия путем повторных проб и ошибок. В разделе 2-3 описаны различные температурные программы и их преимущества.

### 2-2 Большая чашка

Особенностью модели АВГ-60 является наличие чашки диаметром 95 мм. В ней можно взвешивать образцы массой до 60 г. Равномерное распределения образца тонким слоем по всей поверхности чашки обеспечивает отличную повторяемость результатов измерений и даже объемных образцов с минимальной массовой долей влаги.

## 2-3 Программы нагрева (режимы измерений)

В АВГ-60 применяется ламповый нагрев для сушки образцов и определения массовой доли влаги. Соответственно, доступно несколько режимов регулировки температуры, которые настраиваются в зависимости от свойств образца. Предусмотрено пять программ нагрева. Подробное описание данных программ и соответствующие образцы представлены ниже.

### (1) Режим автоматического завершения: AUTO

Образец нагревается до заданной температуры в обычном режиме с последующим поддержанием данной температуры. Со временем масса образца уменьшается. Измерения останавливаются, когда условие автоматического завершения (изменение массовой доли влаги за 30-секундный период) достигает заданного значения (0,01...0,1 %). При установке условия автоматического завершения на малое значение можно получить измеренное значение массовой доли влаги, более близкое к действительному значению, но при этом увеличивается время измерений. При установке на большое значение измерения проходят быстро, но в некоторых случаях измерения могут закончиться прежде, чем испарится вода. Условие автоматического завершения необходимо настраивать в соответствии со свойствами образца.

### (2) Режим завершения по времени: TIME

Образец нагревается до заданной температуры в обычном режиме с последующим поддержанием данной температуры. Измерения заканчиваются по истечении заданного времени после начала измерений. Данный метод подходит для образцов, у которых незначительная потеря массы продолжается бесконечно и полностью сухое состояние не устанавливается.

### (3) Режим быстрой сушки: RAPID

При проведении измерений в данном режиме на начальной стадии используется температура сушки выше обычной для ускорения высушивания и уменьшения времени измерений. Сначала образец нагревают до 200 °С, что выше обычной температуры сушки. Для предотвращения выгорания образца заданная температура снижается до уровня необходимой температуры сушки, пока изменение массовой доли влаги за 30-секундный период не упадет ниже установленного значения (0,1...9,9 %). После этого измерения продолжают в режиме автоматического завершения AUTO или в режиме завершения по времени TIME.

Если условие для поддержания быстрой сушки (изменение массовой доли влаги за 30-секундный период) установлены на небольшое значение, или температура сушки 200 °С является слишком высокой, то может возникнуть выгорание некоторых видов образцов и нельзя будет получить точные измерения массовой доли влаги. И наоборот, установление условия поддержания быстрой сушки на большое значение или же установка очень низкой температуры сушки сводят снижают все преимущества быстрой сушки.

### (4) Режим медленной сушки: SLOW

При использовании данного режима образец нагревается медленнее, чем обычно. Температура сушки достигается примерно через 5 минут после начала измерений. Медленный нагрев приводит к более низкой температуре лампы с меньшим излучением тепла за единицу времени, что снижает возможность выгорания поверхности образца. Для завершения работы можно выбрать режим автоматического завершения AUTO или режим завершения по времени TIME.

#### (5) Режим пошаговой сушки: STEP

Данный режим позволяет настраивать температуру второго или третьего этапа сушки. Температура сушки и время измерений устанавливаются на первом или втором этапе. Режим автоматического завершения AUTO или завершения по времени TIME устанавливается для последнего этапа (второй или третий этап). Если для последнего этапа выбран режим завершения по времени TIME, а время измерения установлено на нуль, то предыдущий этап становится последним. Данный режим эффективен для измерения массовой доли влаги для каждого вещества, если температура испарения воды и содержащихся в образце летучих веществ различная.

### **3. Меры безопасности при измерении массовой доли влаги**

#### 3-1 Калибровка по температуре

При использовании метода просушивания для определения массовой доли влаги через значения массы затруднительно прикрепить датчик температуры к образцу. Если прикрепить датчик температуры к образцу, то выводы датчика могут оказать нежелательное воздействие на образец, что сделает невозможным точные измерения массы. Поэтому необходимо предпринять особые меры для отображения температуры образца. АВГ-60 предлагает функции отображения температуры образца с применением набора для калибровки по температуре. В нем используется две точки калибровки температуры: 100 °С (низкая температура) и 180 °С (высокая температура). Температура набора для калибровки вводится в анализатор влажности АВГ-60, когда датчик температуры, который регулирует температуру лампы нагрева, показывает 100 °С. Затем регулятор температуры лампы нагрева устанавливается на 180 °С, а отображаемая температура набора для калибровки вводится для завершения калибровки.

#### 3-2 Ламповый нагрев

Ламповый нагрев предполагает высокую скорость нагрева, но нагревательный элемент очень сильно нагревается. Если установить высокую температуру или выбрать режим быстрой сушки, то при высоком уровне теплового излучения может сгореть поверхность образца. Данный эффект выгорания может сопровождаться разложением образца, а также тяжело различить причину потери массы между испарением воды и разложением. Это означает, что невозможно получить точные измерения массовой доли влаги, если образец выгорает. Поэтому необходимо выбрать режим медленной или пошаговой сушки для измерения образцов, которые поддаются выгоранию.

#### 3-3 Настройка основных параметров АВГ-60

Затруднительно установить условия сушки образца (температуру испарения и метод измерений), если неизвестны массовая доля влаги и тип летучих веществ. В данном случае следуйте нижеописанной процедуре для определения условий настройки.

(1) Из-за опасности выгорания (разложения) образца при высоких температурах и возможности того, что вода может не испариться при низкой температуре, необходимо выполнить пробное измерение при температуре от 120 °С до 140 °С на протяжении долгого периода времени (например, 60 минут в режиме завершения по времени TIME). Загрузите файл с измерениями массовой доли влаги с сайта компании Shimadzu. Изучая график изменения массовой доли влаги, можно принять за время, в течение которого влага практически исчезает, то время, где скорость изменения массовой доли влаги становится незначительной.

(2) Остановите сушку в то время, когда почти вся вода исчезнет, и проверьте, не выгорел ли высушенный образец. Если образец выгорел, уменьшите температуру сушки и повторите пробное измерение в режиме выключения через заданное время TIME. Если образец не выгорел, а время измерения оказалось очень долгим, то увеличьте температуру сушки и повторите пробное измерение в режиме выключения через заданное время TIME. Определите температуру, которая уменьшает время сушки без выгорания образца.

(3) После определения температуры сушки и примерного времени сушки начните настоящие измерения. Для режима автоматического завершения AUTO введите изменение массовой доли влаги за 30-секундный или более длительный период. Для относительно легкой сушки образца настройте значение в пределах 0,01...0,05 %. В нормальных условиях для измерений рекомендуется использовать режим автоматического завершения AUTO. Режим автоматического завершения AUTO особенно подходит для образцов с различным соотношением летучих веществ с различной температурой кипения, потому что данные вещества испаряются с образцов в разное время даже при одинаковой температуре сушки.

(4) Для режима завершения по времени TIME установите время для практического полного высушивания образца, принимая за основу значения массовой доли влаги, полученные при пробных измерениях. Режим завершения по времени TIME идеально подходит для контроля качества и других применений, таких как наблюдение за массовой долей влаги, которая должна находиться в определенных пределах после сушки при одинаковой температуре и одинаковом времени сушки.

(5) Выберите режим медленной (SLOW), быстрой (RAPID) или пошаговой (STEP) сушки, если в режиме автоматического завершения (AUTO) или завершения по времени (TIME) время сушки очень большое или происходит разложение образца.

#### **4. Подготовка и загрузка образцов**

##### **4-1 Твердые образцы**

Образцы в форме небольших частиц или тонких листов можно сразу же помещать в чашку для выполнения измерений. Например, сушеные молодые сардины или корм для собак можно измерять сразу же. Это возможно, потому что в анализаторе используется метод нагревания, при котором не нужно предварительно подготавливать образец. Однако большие или толстые образцы требуют длительного времени для выполнения измерений из-за долгого испарения воды из внутренней части образца. Такие большие образцы можно измельчить или тонко нарезать для испарения воды, содержащейся внутри образца. Однако, данный метод может способствовать испарению образца с высоким содержанием низкокипящих веществ, что сделает невозможным получение точного значения массовой доли влаги. В принципе, площадь поверхности образца следует максимально увеличить.

##### **4-2 Гранулы и порошки**

Гранулы и порошки можно сразу же распределять по поверхности чашки для выполнения измерений. Так как агломерированные порошки могут затруднить испарение (или равномерного испарения) летучих веществ из внутренней части образца, равномерно распределите образец тонким слоем по всей поверхности чашки для получения точных данных с высокой повторяемостью.

#### 4-3 Жидкости

Загрузка жидких образцов проста: налейте жидкость в чашку, она распределится по всей поверхности. Однако высоковязкие образцы могут не растекаться самостоятельно. В таком случае распределите их равномерно по поверхности чашки с помощью лопатки. Рекомендуется использовать при проведении измерений жидкостей стекловолоконный лист или алюминиевую фольгу, потому что жидкости долго высыхают и могут оставлять осадок на чашке после нагревания.

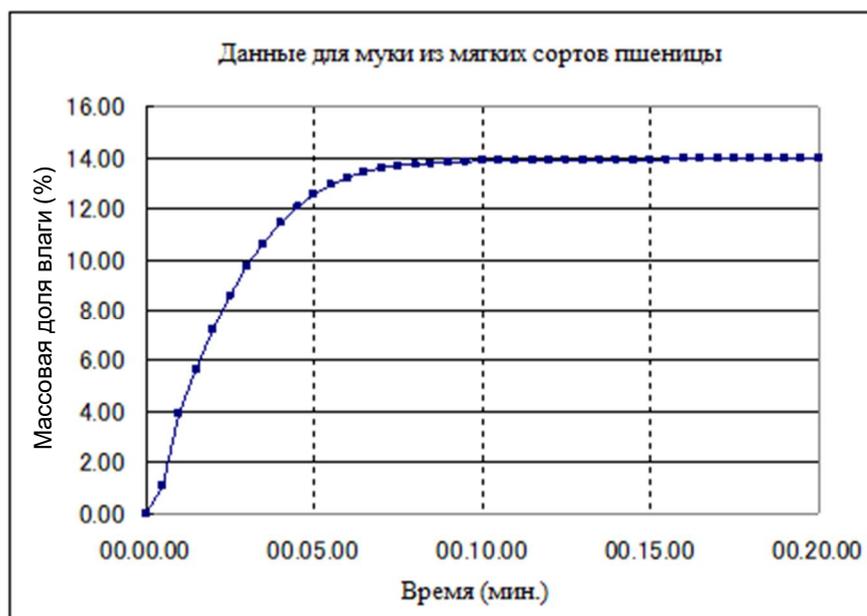
#### 4-4 Образцы с высоким содержанием воды

Для измерения кетчупа, майонеза или зубной пасты поместите необходимое количество образца на алюминиевую фольгу и распределите его по фольге. При высокой вязкости образца снимите алюминиевую фольгу с чашки и распределите образец равномерно по поверхности фольги с помощью лопатки перед тем, как вернуть фольгу обратно в чашку. Выполняйте данные действия быстро, потому что испарение может начаться еще при распределении образца, если он содержит много низкокипящих веществ.

### 5. Условия нагрева

#### 5-1 Термостойкие образцы

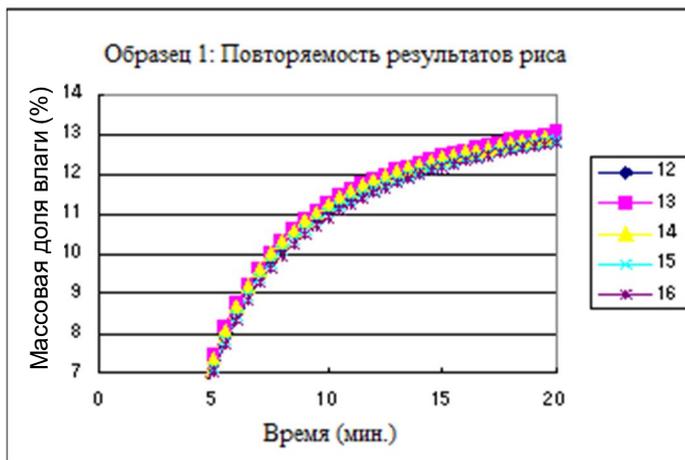
Термостойкие образцы характеризуются высокими температурами разложения. Такие образцы можно быстро высушить в режиме быстрой сушки, что дает возможность завершить измерения за короткое время. Примерами таких измерений является тартрат натрия дигидрат и мука из мягких сортов пшеницы.



#### 5-2 Образцы, разлагающиеся при определенной температуре

С повышением температуры образца вода испаряется, а скорость изменения массовой доли влаги обычно продолжает снижаться. В некоторых случаях массовая доля влаги увеличивается вновь при достижении определенного значения температуры. Считается, что это происходит, когда сначала испаряется вода, а затем начинают испаряться высококипящие вещества или начинает разлагаться образец. Результаты измерений таких образцов не являются достоверными, поэтому невозможно выполнить точные измерения массовой доли влаги. Данное явление происходит, например, при измерении соевых бобов. В этом случае может быть полезен режим пошаговой сушки STEP для достаточно

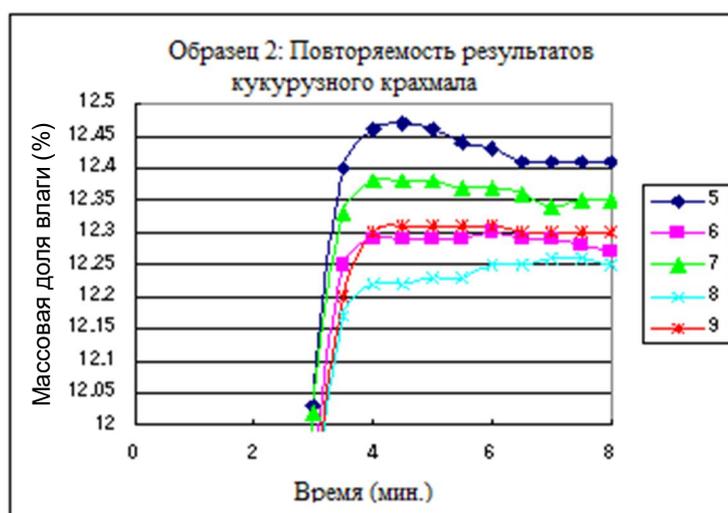
полного испарения воды при низкой температуре перед повышением температуры для определения массовой доли влаги в высококипящих веществах. Однако, трудно разделить высококипящие вещества с точками кипения, близкими к точке кипения воды или друг к другу. Если массовая доля влаги не снижается постоянно, или это снижение трудно определить, то для определения массовой доли влаги необходимо применять нагрев образца на протяжении определенного времени в режиме завершения по времени TIME.



5-3 Образцы с изменяющейся массовой долей влаги в зависимости от температуры нагрева

При определении массовой доли влаги в образцах, содержащих вещества со значительно отличающимися точками кипения (вода, низкокипящие и высококипящие вещества), массовая доля влаги может значительно отличаться в зависимости от температуры нагрева, или скорость изменения массовой доли влаги может не снижаться с течением времени. Вероятно, это происходит потому, что низкая температура нагрева не может способствовать испарению высококипящих веществ в результате чего время испарения велико. Массовая доля влаги в таких образцах значительно отличается в зависимости от температуры нагрева.

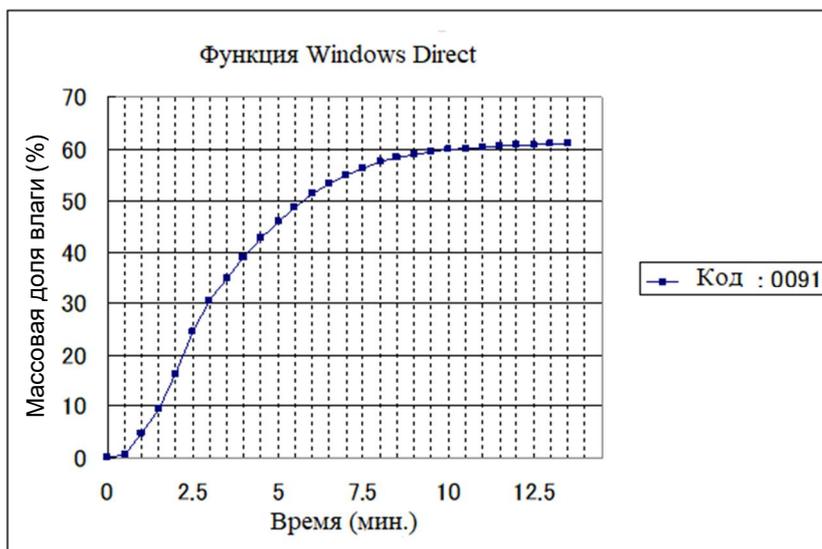
Ниже приведен пример анализа кукурузного крахмала. Важно четко определить условия измерений массовой доли влаги в таких образцах.



## 6. Передача данных на принтер или компьютер и построение графиков

Принтер Shimadzu (EP-80, EP-90) можно использовать для печати отчета, содержащего название компании, наименование прибора, условия измерений, количество образцов и массовой доли влаги после завершения измерений.

Можно подключить компьютер с целью поэтапной записи зависимости потери массы от времени. Можно использовать программное обеспечение, например, редактор Excel, для построения графиков. График зависимости потери массы от времени четко показывает изменение массовой доли влаги. Программное обеспечение для построения графиков может быть предоставлено бесплатно. Для более детальной информации обращайтесь в представительство Shimadzu или к дистрибьютору. Ниже приведен пример графика.



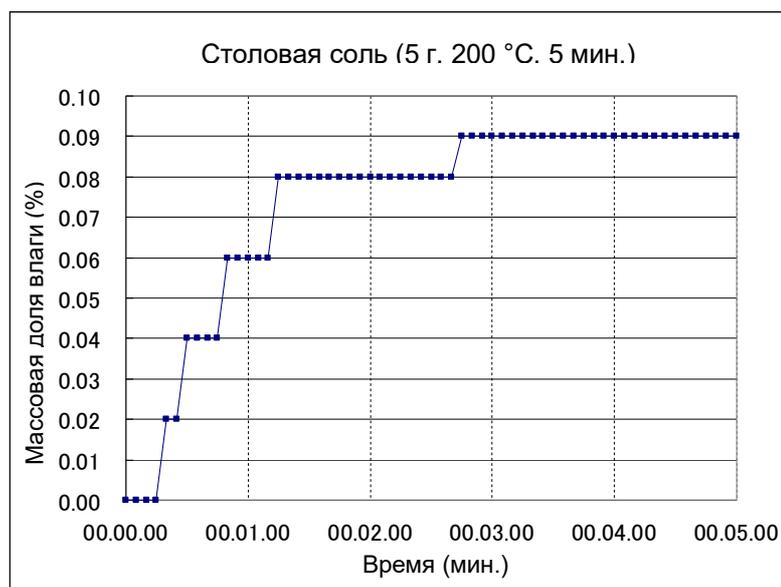
## 7. Примеры измерений, загрузки образца и состояний после сушки

7-1 Измерения столовой соли

5 г столовой соли, 200 °С, режим TIME – 5 мин.

	АВГ-60 (2)		АВГ-60 (3)	
	Масса образца (г)	Массовая доля влаги (%)	Масса образца (г)	Массовая доля влаги (%)
Первый	5.032	0.08	5.032	0.09
Второй	5.021	0.09	4.983	0.12
Третий	5.052	0.08	4.998	0.12
Среднее значение (Mean)	<b>0.083</b>		<b>0.110</b>	
Стандартное отклонение (SD)	0.006		0.017	
Коэффициент вариации (CV)	6.93		15.75	

Ниже на графике показана кривая сушки.



Ниже показано состояние образца до и после сушки.



Столовая соль (перед измерениями):  
равномерно распределена в чашке



Столовая соль (после сушки):  
почти без изменений

#### 7-2 Измерения молока

1 г молока, 140 °С, режим TIME – 10 мин.

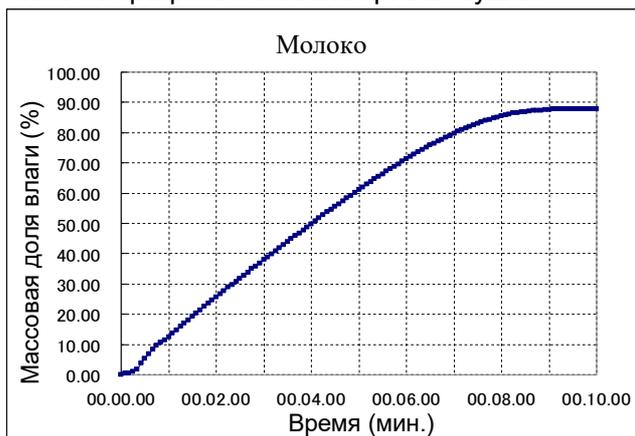
	АВГ-60 (2)		АВГ-60 (3)		АВГ-60 (4)	
	Масса образца (г)	Массовая доля влаги (%)	Масса образца (г)	Массовая доля влаги (%)	Масса образца (г)	Массовая доля влаги (%)
Первый	1.081	87.70	1.036	87.74	1.027	87.71

Второй	1.025	87.61	1.052	87.74	1.024	87.79
Третий	1.031	87.68	1.020	87.84	1.031	87.78
Среднее значение (Mean)	<b>87.66</b>		<b>87.77</b>		<b>87.76</b>	
Стандартное отклонение (SD)	0.047		0.058		0.044	
Коэффициент вариации (CV)	0.05		0.07		0.05	

1 г молока, 140 °С, режим AUTO

	АВГ-60 (2)		АВГ-60 (3)		АВГ-60 (4)	
	Масса образца (г)	Массовая доля влаги (%)	Масса образца (г)	Массовая доля влаги (%)	Масса образца (г)	Массовая доля влаги (%)
Первый	1.036	87.47	1.027	87.47	1.031	87.39
Время измерений		7:10		6:57		7:47
Второй	1.168	87.52	1.168	87.56	1.010	87.33
Время измерений		8:01		7:08		7:13
Среднее значение (Mean)	<b>87.50</b>		<b>87.52</b>		<b>87.36</b>	
Среднее время	7:35		7:02		7:30	
Стандартное отклонение (SD)	0.04		0.06		0.04	

Ниже на графике показана кривая сушки.



**Примечание**

Для измерения жидких образцов рекомендуется применять дополнительные стекловолоконные листы, предназначенные для измерения жидких образцов, с целью уменьшения времени измерений и обеспечения хорошей воспроизводимости результатов измерений.

Ниже показано состояние образца до и после сушки.



Перед измерениями: 1 г молока распределено на стекловолоконном листе для измерения жидкостей



После измерений: влага из молока испарилась, оставив небольшое желтое пятно жира

5 г сахарного песка, 160 °С, режим TIME – 5 мин.

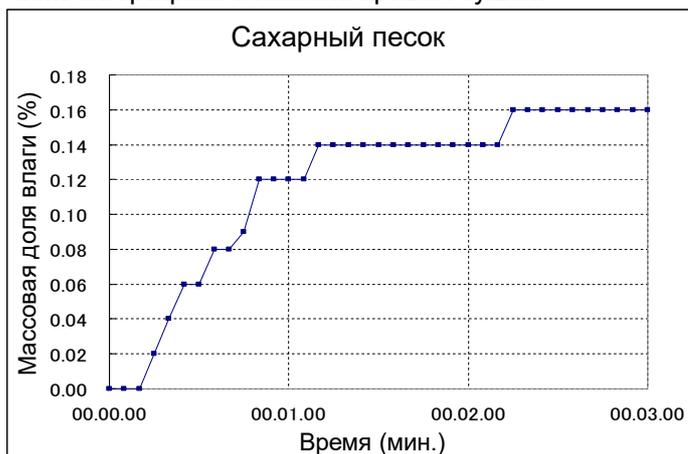
	АВГ-60 (2)		АВГ-60 (3)		АВГ-60 (4)	
	Масса образца (г)	Массовая доля влаги (%)	Масса образца (г)	Массовая доля влаги (%)	Масса образца (г)	Массовая доля влаги (%)
Первый	5.003	0.14	5.008	0.16	5.008	0.16
Второй	5.007	0.12	5.008	0.14	5.008	0.14

Третий	5.043	0.14	5.012	0.16	5.012	0.16
Среднее значение (Mean)	<b>0.13</b>		<b>0.15</b>		<b>0.15</b>	
Стандартное отклонение (SD)	0.012		0.012		0.012	
Коэффициент вариации (CV)	8.660		7.531		7.531	

5 г сахарного песка, 160 °С, режим TIME – 5 мин.

	АВГ-60 (2)		АВГ-60 (3)		АВГ-60 (4)	
	Масса образца (г)	Массовая доля влаги (%)	Масса образца (г)	Массовая доля влаги (%)	Масса образца (г)	Массовая доля влаги (%)
Первый	5.002	0.12	5.005	0.14	5.004	0.14
Время измерений		1:04		1:07		1:02
Второй	5.002	0.09	5.009	0.12	4.999	0.12
Время измерений		0:59		1:04		1:02
Среднее значение (Mean)	<b>0.11</b>		<b>0.13</b>		<b>0.13</b>	
Среднее время	1:01		1:05		1:02	
Стандартное отклонение (SD)	0.02		0.01		0.01	

Ниже на графике показана кривая сушки.



Осторожно  
Если температура сушки высокая, то сахарный песок может карамелизироваться (см. рисунок ниже), что мешает точным измерениям.



Ниже показано состояние образца до и после сушки.



Перед измерениями:  
равномерно распределен  
по поверхности чашки  
7-4 Измерения майонеза



После измерений:  
цвет не изменился, но  
поверхность затвердела

1 г майонеза, 160 °С, режим TIME – 10 мин.

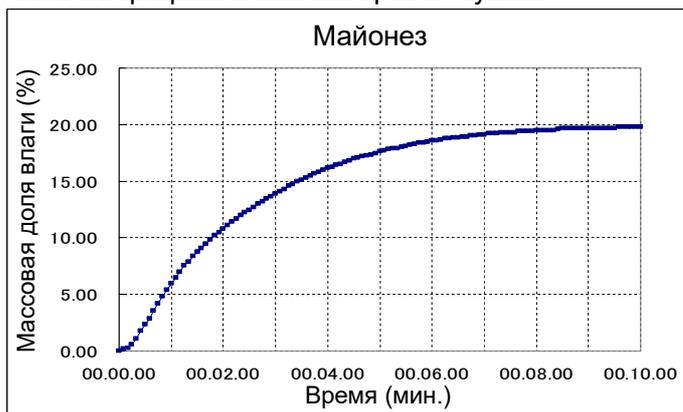
	АВГ-60 (1)		АВГ-60 (2)	
	Масса образца (г)	Массовая доля влаги (%)	Масса образца (г)	Массовая доля влаги (%)
Первый	1.036	20.58	1.078	20.52
Второй	1.178	20.58	0.964	20.71

Третий	1.064	20.39	1.097	20.60
Среднее значение (Mean)		<b>20.52</b>		<b>20.61</b>
Стандартное отклонение (SD)		0.110		0.095
Коэффициент вариации (CV)		0.535		0.463

1 г майонеза, 160 °С, режим AUTO

	АВГ-60 (1)		АВГ-60 (2)	
	Масса образца (г)	Массовая доля влаги (%)	Масса образца (г)	Массовая доля влаги (%)
Первый	1.034	20.50	0.952	20.38
Время измерений		5:22		6:38
Второй	0.997	20.46	1.319	9:50
Время измерений		6:01		6:21
Среднее значение (Mean)		<b>20.48</b>		<b>20.40</b>
Среднее время		5:41		6:29
Стандартное отклонение (SD)		0.03		0.02

Ниже на графике показана кривая сушки.



Примечание

Для измерения пастообразных образцов рекомендуется применять дополнительные стекловолочные листы, предназначенные для измерения жидких образцов, с целью уменьшения времени измерений и обеспечения хорошей воспроизводимости результатов измерений.

Ниже показано состояние образца до и после сушки.



Перед измерениями:  
равномерно распределен по поверхности чашки с помощью лопатки



После измерений:  
вода и масла испарились, цвет немного изменился - удовлетворительные данные

7-5 Измерение пластиковых гранул

10 г пластиковых гранул, 100 °С, режим TIME – 25 мин.

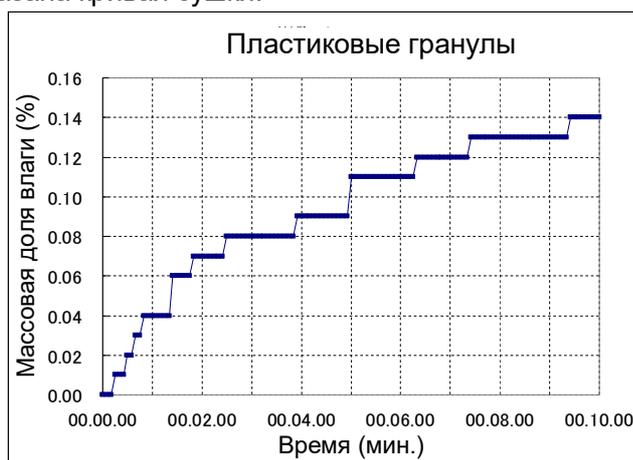
	АВГ-60 (1)		АВГ-60 (2)	
	Масса образца (г)	Массовая доля влаги (%)	Масса образца (г)	Массовая доля влаги (%)
Первый	10.080	0.12	10.194	0.12
Второй	10.016	0.13	10.671	0.13

Третий	10.290	0.13	10.949	0.14
Среднее значение (Mean)	<b>0.127</b>		<b>0.130</b>	
Стандартное отклонение (SD)	0.006		0.010	
Коэффициент вариации (CV)	4.558		7.692	

10 г пластиковых гранул, 100 °С, режим AUTO

	АВГ-60 (1)		АВГ-60 (2)	
	Масса образца (г)	Массовая доля влаги (%)	Масса образца (г)	Массовая доля влаги (%)
Первый	10.670	0.07	10.641	0.07
Время измерений		1:59		2:02
Второй	10.556	0.07	10.609	0.06
Время измерений		1:59		2:01
Среднее значение (Mean)	<b>0.070</b>		<b>0.065</b>	
Среднее время	1:59		2:01	
Стандартное отклонение (SD)	0.00		0.01	

Ниже на графике показана кривая сушки.



Ниже показано состояние образца до и после сушки.



Перед измерениями:

7-6 Измерение растворимого кофе  
равномерно распределен по поверхности чашки



После измерений:

почти без изменений

1 г растворимого кофе, 120 °С, режим TIME – 10 мин.

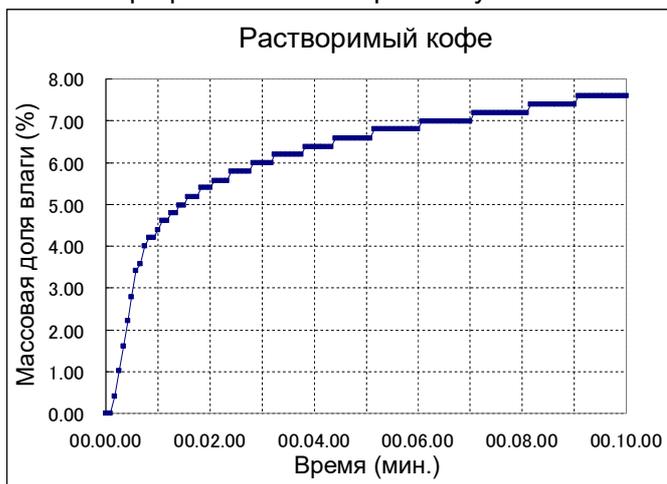
	АВГ-60 (1)		АВГ-60 (2)	
	Масса образца (г)	Массовая доля влаги (%)	Масса образца (г)	Массовая доля влаги (%)
Первый	0.990	7.68	0.994	7.33
Второй	1.007	7.64	1.079	7.50
Третий	0.983	7.52	0.98	7.45

Среднее значение (Mean)	<b>7.61</b>	<b>7.43</b>
Стандартное отклонение (SD)	0.083	0.087
Коэффициент вариации (CV)	1.094	1.176

1 г растворимого кофе, 120 °С, режим AUTO

	АВГ-60 (1)		АВГ-60 (2)	
	Масса образца (г)	Массовая доля влаги (%)	Масса образца (г)	Массовая доля влаги (%)
Первый	1.020	7.44	1.033	6.97
Время измерений		7:26		7:42
Второй	0.939	7.31	0.749	7.06
Время измерений		7:05		7:06
Среднее значение (Mean)	<b>7.375</b>		<b>7.015</b>	
Среднее время	7:15		7:24	
Стандартное отклонение (SD)	0.09		0.06	

Ниже на графике показана кривая сушки.



Осторожно  
Установка высокой температуры сушки (200 °С) для темноокрашенных образцов может привести к обугливанию образца (как показано на фотографии ниже), что помешает точным измерениям.



Ниже показано состояние образца до и после сушки.



Перед измерениями:  
7-7 Измерение тартрат натрия дигидрата равномерно распределен по поверхности чашки  
5 г тартрат натрия дигидрата, 160 °С, режим TIME – 15 мин.

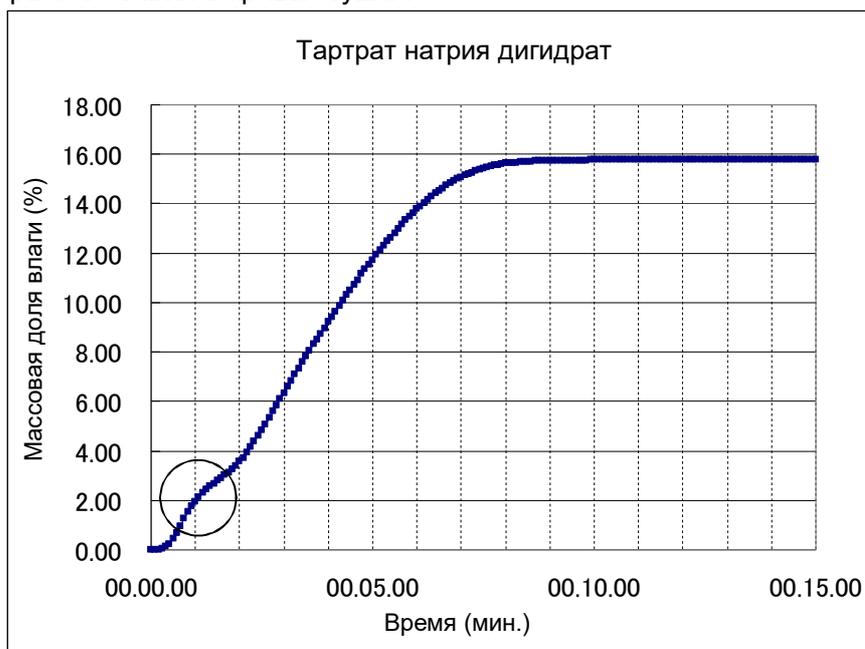
После завершения измерений:  
цвет не изменился

	АВГ-60 (1)	АВГ-60 (2)	АВГ-60 (3)
	Массовая доля влаги (%)	Массовая доля влаги (%)	Массовая доля влаги (%)
Первый	15.78	15.79	15.71
Второй	15.81	15.80	15.73
Третий	15.84	15.80	15.75
Среднее значение	<b>15.810</b>	<b>15.797</b>	<b>15.730</b>

(Mean)			
Стандартное отклонение (SD)	0.030	0.006	0.020
Коэффициент вариации (CV)	0.190	0.037	0.127

\* Тартрат натрия дигидрат ( $\text{NaOOCCH}(\text{OH})\text{CH}(\text{OH})\text{COONa}\cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ) является стабильным нетоксичным веществом. Его обыкновенно используют в качестве пробы для испытаний в анализаторах влаги из-за относительно близкого соответствия его влажности теоретической величине, определенной по молекулярной формуле ( $36,03$  (две молекулы воды) /  $230,08$  (общая молекулярная масса) =  $15,66\%$ ).

Ниже на диаграмме показана кривая сушки.



\* Предполагается, что прямая часть кривой (обведенная окружностью) обозначает прилипание воды к поверхности перед началом разложения кристаллов.

Ниже показано состояние образца до и после сушки.



Перед измерениями:  
кристаллы с характерным  
блеском дигидратов



После измерений:  
тепловое разложение расщепляет  
молекулы воды, вызывая обесцвечивание

7-8 Таблица с результатами измерений

В приведенной ниже таблице обобщены результаты измерений с помощью анализатора влажности АВГ-60 для описанных выше примеров и других образцов.

При установлении условий измерений образцов клиента сверяйтесь с условиями измерений подобных образцов в таблице ниже.

Наименование образца	Кол.	Режим измерения	Установленная температура (°C)	Время измерения (мин.)	Массовая доля влаги (%)	Коэффициент вариации (CV) (%)
----------------------	------	-----------------	--------------------------------	------------------------	-------------------------	-------------------------------

Корм для собак	1 г	AUTO	0.05 %	160	5:48	6.45	3.166
Столовая соль	5 г	TIME	5 мин.	200	5:00	0.11	15.75
Растворимый кофе	1 г	TIME	10 мин.	120	10:00	7.61	1.094
Кукурузный крахмал	5 г	AUTO	0.05 %	200	7:54	12.94	0.155
Сахарный песок	5 г	AUTO	0.05 %	160	1:02	0.13	0.01
Белый рис	5 г	AUTO	0.05 %	200	12:30	15.12	0.530
Майонез	1 г	TIME	10 мин.	160	10:00	20.61	0.463
Апельсиновый сок	1 г	AUTO	0.05 %	140	10:09	88.89	0.09
Молоко	1 г	AUTO	0.05 %	140	7:30	87.36	0.04
Мыло для рук	1 г	AUTO	0.05 %	200	21:36	88.89	0.39
Пластиковые гранулы (оргстекло)	10 г	TIME	25 мин.	100	25:00	0.13	4.558
Оксид алюминия	5 г	AUTO	0.05 %	200	1:13	0.09	35.25
Копировальная бумага	1 г	AUTO	0.05 %	200	1:50	7.84	0.71
Тартрат натрия дигидрат	5 г	TIME	15 мин.	160	15:00	15.73	0.13

## 8. Причины расхождений при измерении массовой доли влаги и меры противодействия

### 8-1 Образцы с различными низкокипящими веществами

Если в образце содержатся растворители или другие низкокипящие компоненты, то испарение может начаться еще во время предварительной подготовки. Расхождения в результатах могут возникнуть несоответствия массовой доли влаги, если испарение растворителей и других низкокипящих компонентов произойдет до начала нагревания. Такое испарение может произойти во время дробления образца, если температура в сушильном шкафу недостаточно низкая, или температура в сушильном шкафу изменяется при загрузке образца. Этого можно избежать, сократив время предварительной подготовки

образца перед помещением его в чашку с помощью стандартизации процедуры предварительной подготовки, и путем поддержания постоянной температуры сушки перед началом каждого измерения.

#### 8-2 Образцы с различными высококипящими веществами

Если в образце содержится много высококипящих компонентов, то испарение может происходить так медленно, что измерения не будут завершены даже при температуре нагрева 200 °С. Единственным выходом в данной ситуации является продолжение сушки до тех пор, пока скорость изменения массовой доли влаги не станет предельно низкой. Однако нужно быть осторожным при поддержании высокой температуры на протяжении длительного периода времени, так как образец может сгореть или разложиться. Если длительный нагрев невозможен, то необходимо понизить установленную температуру нагрева и выполнить измерения массовой доли влаги только для низкокипящих веществ. Однако, такая процедура может быть затруднительна для некоторых образцов, если их количество, по которому возможно получить удовлетворительные результаты измерений, ограничено.

#### 8-3 Вязкие образцы

Высоковязкие образцы, например, образцы, выдавленные из тюбика, равномерно распределяют по поверхности чашки. Процедура такова: (1) поместите алюминиевую фольгу в чашку, а чашку поместите в анализатор влажности АВГ-60, (2) поместите в нее образец для измерений, (3) возьмите чашку и распределите образец равномерно по поверхности алюминиевой фольги с помощью лопатки, (4) поместите обратно чашку с алюминиевой фольгой, на которой находится образец, в анализатор влажности АВГ-60. Небольшое количество образца может остаться на лопатке, поэтому с самого начала используйте немного большее количество образца, чем требуется. Приготовление образцов примерно одинакового объема улучшает повторяемость результатов измерений массовой доли влаги. Отклонение объема образца не должно превышать 20 %.

#### 8-4 Окрашенные образцы

Окрашенные образцы, например, соевая паста, кетчуп или зубная паста, могут полностью поглощать тепловое излучение от лампы, а поверхность образца сильно нагревается и может пригореть. В таком случае повышайте температуру постепенно (режим медленной сушки) или повышайте температуру от низкой к высокой пошагово (режим пошаговой сушки) для предотвращения сгорания образца.