

11 АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОЦЕССОВ СУШКИ И ВЕНТИЛИРОВАНИЯ

11.1 Устройства для контроля параметров сушки

Эффективность и качество сушки зависят от исходной и конечной влажности, а также температуры объектов сушки и теплоносителя.

Влагомеры. Влажность объектов сушки — один из важнейших параметров, по которому выбирают режимы сушки и оценивают технико-экономические показатели процесса.

Наибольшее распространение при оценке сушки зерна и других сельскохозяйственных материалов получили метод высушивания» образца материал до постоянной массы в сушильных шкафах, а также электрические методы измерения влажности.

Сушильные шкафы применяют при лабораторной оценке-влажности зерна, растений и. других объектов. Перед сушкой стебли и листья растений предварительно измельчают до размеров частиц около 5 мм. Зерно с исходной влажностью меньше 18% размалывают и сушат при температуре 130 °С в течение 40 мин. Если исходная влажность выше 18%, зерно перед размолотом подсушивают при температуре 105 °С, а затем размалывают и окончательно высушивают при температуре 130 °С.

Электрические влагомеры основаны на изменении электрического сопротивления (кондуктометрические влагомеры) или диэлектрической проницаемости (диэлькометрические влагомеры) материала в зависимости от влажности. Показания кондуктометрических влагомеров существенно зависят от равномерности распределения влаги по объему исследуемого образца. Поэтому для получения требуемой точности измерения исследуемые материалы приходится предварительно размалывать и тщательно перемешивать. Такие влагомеры применяют на хлебоприемных пунктах.

Диэлькометрические влагомеры измеряют влажность неизмельченного зерна в широком диапазоне (8...40%). Они менее чувствительны, чем кондуктометрические, к неравномерности распределения влаги по материалу.

Принцип действия диэлькометрического влагомера основан на изменении в зависимости от влажности материала диэлектрической проницаемости. При различной диэлектрической проницаемости изменяются параметры тока, индуцируемого высокочастотным генератором (рис. 11.1) в колебательном контуре с рабочим датчиком 2. Этот ток сравнивают с током другого, эталонного контура 3, и разность их подается на усилитель 4, а затем на показывающий прибор 5 (индикатор).

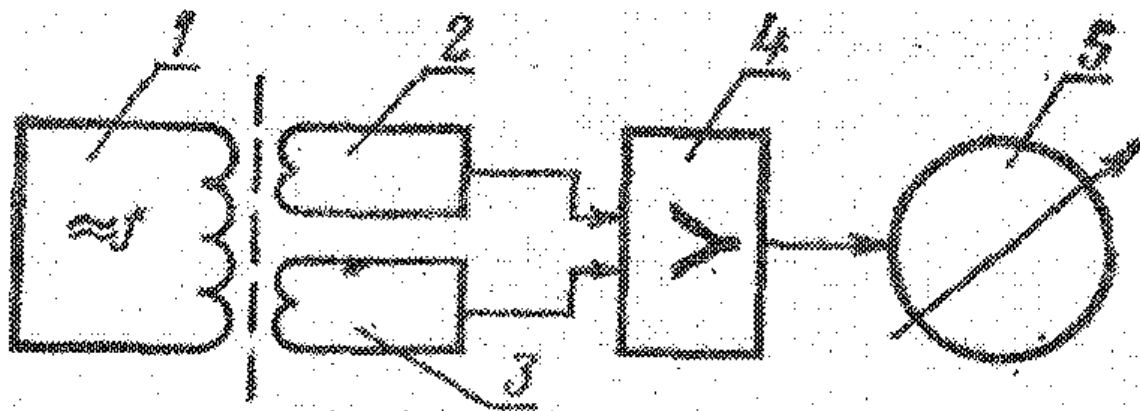


Рисунок 11.1 - Принципиальная схема диэлькометрического влагомера:

1 - высокочастотный генератор; 2 - рабочий датчик; 3 - эталонный датчик; 4 - усилитель; 5 - индикатор.

Когда датчик не заполнен зерном, стрелку индикатора устанавливают на нулевую отметку. Зерно, засыпанное на поверхность рабочего датчика, изменяет его емкость, и разбаланс в контурах отклоняет стрелку от нулевого положения.

Диэлькометрические влагомеры применяют для внутрихозяйственного контроля влажности зерна, (полевые и лабораторные влагомеры) и в системах автоматического контроля и регулирования влажности в поточных линиях послеуборочной обработки зерна и его сушки (поточный автоматический влагомер).

Датчик полевого и лабораторного влагомеров - бункер, выполненный из диэлектрических пластин. В поточном влагомере пластины расположены на гранях клина и по ним движется материал, влажность которого оценивается.

Влажность воздуха и газозодушных смесей измеряют гигрометрами, психрометрами или взвешиванием влагопоглотителей.

Гигрометры регистрируют влажность газов. При различной влажности изменяются линейные размеры чувствительного элемента, которым служит человеческий

волос или оболочка кишок крупного рогатого скота. Изменение длины передается рычажным механизмом стрелке прибора. Такие влагомеры обладают высокой инерционностью, они малонадежны при вибрации машин и агрегатов.

Психометры состоят из двух термометров: один располагают в воздухе (сухой), другой смачивают водой (мокрый). Показания мокрого термометра вследствие испарения с его поверхности влаги всегда ниже, чем сухого. Так как интенсивность испарения влаги зависит от относительной влажности газов (отношение массы водяного пара, содержащегося в газе, к ее максимально возможной массе при том же состоянии газа), то разность показаний термометров зависит от влажности газовой среды. По разности показаний термометров на основании специальных психометрических, таблиц или диаграмм находят относительную влажность воздуха. На этом же принципе построены электропсихометры, применяемые для контроля и управления процессами сушки и активного вентилирования материалов.

Термометры. Для измерения температуры объектов сушки применяют жидкостные (ртутные), манометрические и электрические (терморезисторные и термопарные) термометры.

Ртутные термометры используют для контроля температуры объекта и ее стабилизации при использовании в сушилках систем автоматического регулирования. В этих устройствах термометры снабжают (рис. 11.2, а) стержнем 3 с гайкой 2, включенными в электрическую цепь прерывателя (ПР), и магнитной головкой 1. При повышении температуры столбик ртути, поднимаясь, достигает стержня. Цепь прерывателя замыкается, на исполнительный механизм подается сигнал уменьшения температуры агента сушки. Температуру, при которой срабатывает реле, задают, поворотом магнитной головки, связанной индуктивно со стержнем.

Ртутные термометры просты по устройству, но недолговечны и не передают показания на расстоянии. При вибрации машины они не обеспечивают необходимую точность.

Манометрические термометры (рис. 11.2,б) основаны на тепловых изменениях объема жидкости, заключенной в полости теплоприемника - баллона 7, они преобразуются в перемещение пружинной трубки 5 и связанной с ней стрелки регистратора.

Расстояние, на которое передают показания манометрические термометры, зависит от длины капилляра 6.

Терморезисторные электрические термометры в основе содержат датчики, в которых электрическое сопротивление металлов (металлические терморезисторы) и полупроводников (полупроводниковые терморезисторы) зависят от температуры их нагрева. Металлические терморезисторы изготавливают (рис. 11.2, в) из проволоки 9 (медь, платина, чистое железо и никель), намотанной на изоляционный каркас 8 и закрытой оболочкой 10. В полупроводниковых терморезисторах преобразователь выполняют из полупроводниковых порошков (медно-марганцевых, кадмиево-марганцевых, титано-бариевых) со специальными примесями. Такие датчики резко изменяют электрическое сопротивление в зависимости от температуры. Терморезисторные преобразователи включают в одну из плеч электрического моста или соединяют с потенциометрами или лагометрами. Такие термометры применяют для дистанционного контроля и управления нагревом объектов сушки. Они позволяют получать высокую надежность и точность измерений.

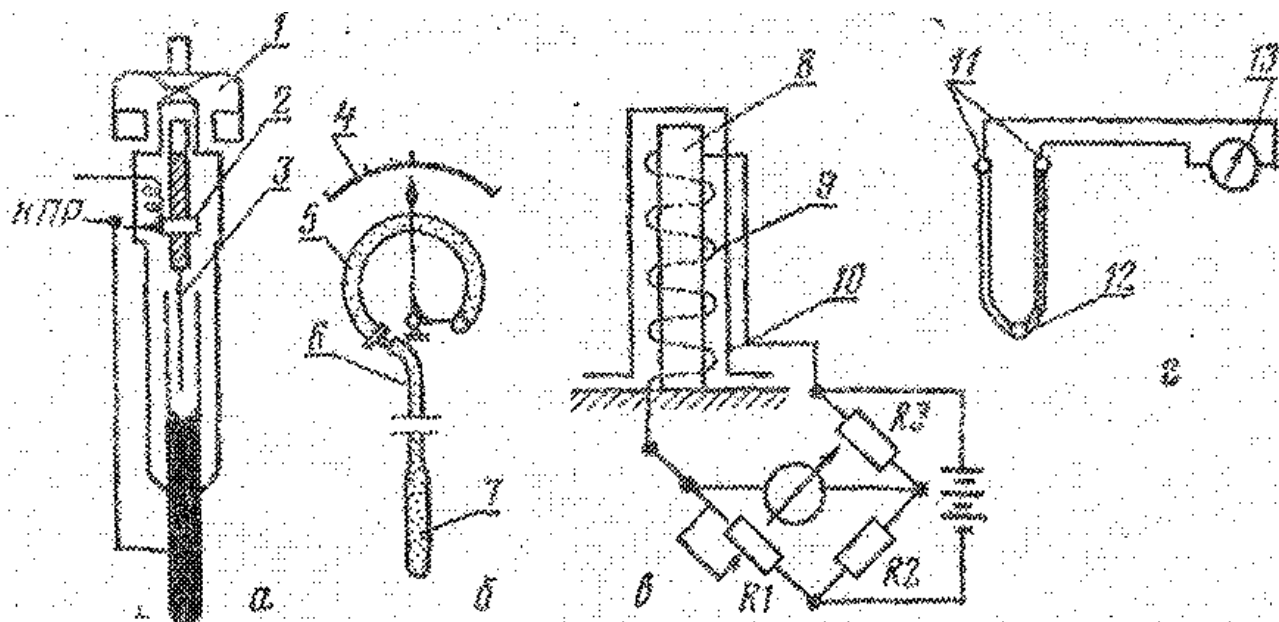


Рисунок 11.2 - Принципиальные схемы термометров:

а - ртутного; б - манометрического; в - терморезисторного; г - электрического с термопарой;

1 - магнитная головка; 2 - гайка; 3 - стержень; 4 - шкала; 5 - манометрическая пружина; 6 - капиллярная трубка; 7 - латунный баллон; 8 - каркас; 9 - проволока; 10 – оболочка; 11 - холодный спай; 12 - горячий спай; 13 - регистратор.

Электрические термометры с термопарой (рис, 11.2,г). основаны на изменении разности температур горячего спая 12, помещенного в зону измеряемого объекта, и холодного 11 термопары могут быть изготовлены малой массы, что позволяет определять температуру нагрева объекта в малых зонах.

11.2 Определение основных показателей конвективной сушки.

Общая схема процесса сушки

Рассмотрим схему процесса при конвективном способе сушки материалов смесью воздуха с топочными газами (рис. 11.3).

Наружный воздух с температурой t_0 , относительной влажностью ϕ_0 , влагосодержанием d_0 и энтальпией (теплосодержанием) l_0 , смешиваясь в топке с топочными газами; образует сушильный агент с параметрами t_1 , ϕ_1 , d_1 и l_1 .

В сушильную камеру 2 одновременно с агентом сушки поступает влажный материал, характеризуемый тремя основными параметрами: массой m_1 , температурой θ_1 и относительной влажностью ω_1 . Взаимодействуя с влажным материалом, агент сушки нагревает его и поглощает испарившуюся m него влагу, в результате чего отработанный агент сушки выходит из сушильной камеры с параметрами t_2 , ϕ_2 , d_2 и l_2 , а материал массой m_2 с температурой θ_2 и влажностью ω_2 переходит в охлаждающую камеру 3.

Поступающий в охлаждающую камеру атмосферный воздух с параметрами t_0 , ϕ_0 , d_0 и l_0 , на выходе из нее имеет параметры t_3 , ϕ_3 , d_3 и l_3 . Просушенный и охлажденный материал массой m_3 выходит из сушилки с температурой θ_3 и влажностью m_3

Масса удаляемой влаги. Согласно закону сохранения вещества, масса, испаренной влаги равна разности между массой материала до и после сушки:

$$m_B = m_1 - m_2$$

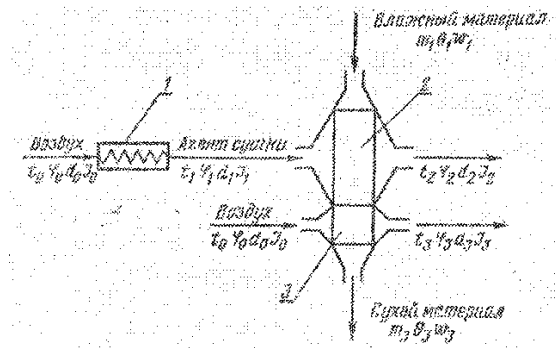


Рисунок 11.3 - Схема процессов сушки и охлаждения материалов:

1 - топка; 2 - сушильная камера; 3 - охлаждающая камера.

Так как масса абсолютно сухого вещества t в процессе сушки остается постоянной, то можно написать:

$$m = m_1 \frac{100 - w_1}{100} = m_2 \frac{100 - w_2}{100} = const.$$

Отсюда масса высушенного зерна

$$m_2 = m_1 \frac{100 - w_1}{100 - w_2}.$$

Подставляя значение T_2 в предыдущее уравнение, получаем

$$m_B = m_1 - m_1 \frac{100 - w_1}{100 - w_2} = m_1 \frac{w_1 - w_2}{100 - w_2}.$$

Проделав аналогичные действия, имеем

$$m_B = m_2 \frac{w_1 - w_2}{100 - w_1}$$

Относительная убыль массы зерна (усушка), %:

$$D = \frac{m_1 - m_2}{m_1} 100 = \frac{m_B}{m_1} 100.$$

Подставив значение m_s и находим:

$$D = \frac{w_1 - w_2}{100 - w_2} 100$$

Расход агента сушки. В процессе сушки испарившаяся из материала влага поглощается агентом сушки, общее же ее количество, участвующее в процессе, остается постоянным. Следовательно при установившемся режиме сушки количество влаги, поступившее в сушильную камеру с материалом и агентом сушки, равно количе-

ству влаги, ушедшей из камеры: $m_1\omega_1/100 + L_1d_1/1000 = m_2\omega_2/100 + L_2d_2/1000$, где L_1 и L_2 — соответственно масса сухой газовой смеси при входе в сушильную камеру и выходе из нее.

Принимая во внимание, что масса сухой газовой смеси в процессе сушки остается постоянной ($L_1 = L_2 = L = const$), после некоторых преобразований получаем

$$m_1 \frac{w_1}{100} - m_2 \frac{w_2}{100} = L \frac{d_2 - d_1}{1000}$$

Но так как

$$m_1\omega_1/100 - m_2\omega_2/100 = m_B,$$

то

$$L = \frac{1000m_B}{d_2 - d_1}$$

Пропускная способность сушилок для трав значительно увеличивается при снижении исходной влажности растений. С этой целью экономически целесообразно подвяливание свежескошенной травы до 65...75% влажности, которое следует проводить только в хорошую погоду, контролируя при этом содержание каротина и протеина (снижение их не должно быть выше 10%).

Большое влияние на пропускную способность агрегатов для приготовления травяной муки оказывает плющение свежескошенных стеблей, длина и равномерность их резки перед сушкой. Плющение люцерны повышает $q_{оп}$ в 1,2... 1,4 раза; длина резки 20...30 мм считается оптимальной.

11.3 Контроль и регулирование режимов сушки и вентилирования

Основная задача контроля и регулирования процесса сушки — определение и настройка установок на оптимальный режим работы. Изменяемые параметры в сушилках и установках активного вентилирования

— температура и влажность агента сушки (или охлаждения) и экспозиция процесса.

В сушилках, работающих на твердом топливе, температуру теплоносителя изменяют количеством наружного воздуха, подаваемого в смесительную камеру, для чего регулируют положение заслонки в воздухопроводе. При сжигании жидкого и газообразного топлива регулируют его подачу в камеру сгорания, а при нагреве воздуха в электрокалориферах — число работающих секций. Влажность меняют за счет частичного направления отработанного теплоносителя повторно в смесительную камеру. С этой целью патрубков на выходе теплоносителя соединяют со смесительной камерой. Различная экспозиция сушки может быть достигнута регулировкой выпускных механизмов.

Оптимальные значения регулировочных параметров устанавливают вручную или системами автоматического управления.

При ручном регулировании оператор оценивает режим процесса по контрольным приборам, отбором проб зерна и интуитивно подбирает положение регулируемых узлов.

Для автоматического управления сушкой и активным вентилированием применяют системы регулирования процессами по одному или нескольким параметрам.

Система автоматического управления по одному параметру — устройство автоматической стабилизации температуры агента сушки. Это устройство (рис. 11.4, а) включает в себя: датчик температуры (Д), усилитель (У) и исполнительный механизм (ИМ).

Датчик срабатывает при температуре агента сушки, превышающей допускаемую t_d , которую устанавливают по предельной температуре нагрева зерна θ_d . В автоматических системах используют ртутные, манометрические и электрические датчики, аналогичные применяемым в термометрах. Такие системы просты по устройству и надежны в работе, но они не обеспечивают получения кондиционной влажности объекта сушки при оптимальном режиме, так как не настраиваются на изменение входных параметров высушиваемых материалов.

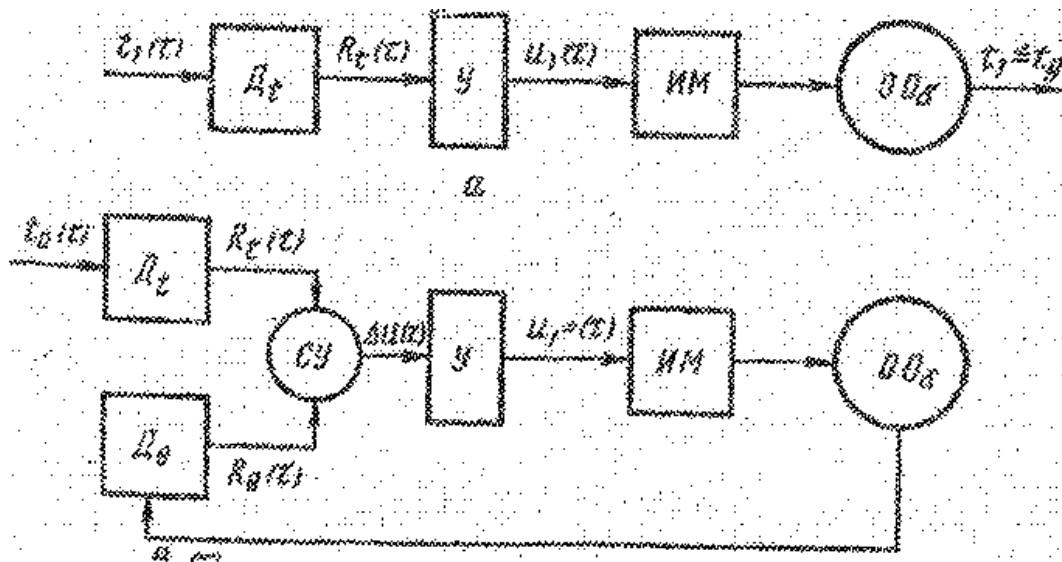


Рисунок 11.4 - Схемы автоматического управления процессом сушки по параметрам регулирования:

а - одному; б - двум; Д - датчик; СУ - сравнивающее устройство; У - усилитель; ИМ - исполнительный механизм; ОО_б - объект обработки.

В меньшей мере отмеченные недостатки имеет система регулирования процессом сушки по конечной влажности объекта. Наиболее перспективны для таких систем — электрические влагомеры, устанавливаемые в конечных зонах камеры сушки шахтных сушилок или в отборнике проб зерна на входе в охлаждающую камеру.

Системы автоматического управления по двум и более параметрам находят применение в шахтных сушилках при регулировании по перепаду влажности в начале ω_1 и конце ω_2 сушильной камеры, при активном вентилировании по перепаду температур воздуха t_0 и зерновой массы θ_2 (рис.11.4)

Схема такой системы состоит из двух датчиков: температуры воздуха D_t и зерна D_θ . Датчики преобразовывают температуры в выходные величины $R_t(\tau)$ и $R_\theta(\tau)$, которые сопоставляются в сравнивающем устройстве (СУ). Если сигнал рассогласования $\Delta t = \theta_2 - t_0$ больше нечувствительности прибора, то срабатывают последующие звенья (усилитель и исполнительным механизм) и температура объекта обработки (ОО_б) изменяется. Находят применение системы регулирования и с двумя разноименными параметрами: температура — влажность зёрна, температура агента суинга — влажность зерна и др.

При многопараметровом регулировании режим сушки или активного вентили-

рования приближается к оптимальному: достигается кондиционная влажность объектов обработки и в большей мере сохраняются их качественные показатели.