

Повишаване на точността при измерване на влажност на насипни материали чрез автоматично дозиране на пробата

(резюме)

Автор: инж. Любомир Костов Марков - ИМЕ Благоевград

Измерването на влажност на насипни материали е необходимо за контролиране на параметрите и качеството на различни суровини. Съществуващите методи за лабораторен анализ позволяват този процес да се извършва с голяма точност. Измерването по класическия метод обаче е много бавно и може да се провежда само в лаборатория. Съществуват и други методи за определяне на влажност - капацитивен , микровълнов , измерване с инфрачервени лъчи и др. За разлика от класическия метод, те са по-бързи и могат да се прилагат и в производствени условия, но се характеризират с по-малка точност.

В доклада е направен анализ на грешките при измерване на влажност чрез капацитивния метод , породени от различната плътност на пробата. Проблемът се състои в това , че се измерва капацитет на кондензатор с даден обем , който е запълнен с изследвания материал. Различната плътност на материал довежда до промяна на теглото на пробата заредена в кондензатора , а от там и до грешка в измерването.

Предложен е влагомер за пшеница, при който пробата се извлича автоматично от движеща се в поток суровина. Осигурена е независимост на измерването от различната плътност на материала, както и от други смущаващи фактори. Връщането на пробата в общия поток също се извършва автоматично. Влагомерът е изграден на базата на процесор MC68HC11. Организиран е интерфейс RS232 за връзка с други устройства.

Повишаване на точността при измерване на влажност на насипни материали чрез автоматично дозиране на пробата

Автор: гл.ас. инж. Любомир Костов Марков - ИМЕ Благоевград

Измерването на влажност на насипни материали е необходимо за контролиране на параметрите и качеството на различни суровини. Съществуващите методи за лабораторен анализ позволяват този процес да се извършва с голяма точност. Измерването по класическия метод обаче е много бавно и може да се провежда само в лаборатория. Съществуват и други принципи за определяне на влажност - капацитивен, микровълнов, измерване с инфрачервени лъчи и др.[1]. За разлика от класическия метод, те са по-бързи и могат да се прилагат и в производствени условия, но притежават други недостатъци като сложна конструкция, понижена точност или по-голяма цена и др. .

Капацитивният принцип за измерване на влажност на насипни материали предлага един удовлетворителен компромис между точност на измерването, сложност и цена на влагомера. Измерването се основава на факта, че диелектричната проницаемост на водата е по-голяма от проницаемостта на повечето абсолютно сухи материали (зърно, тютюн, пясък и др.). За влажността на даден материал се съди по капацитета на кондензатор, запълнен с проба от изследвания материал (фиг 1).

Върху точността на измерването влияят следните параметри:

1. Плътност (специфично тегло) на пробата

По капацитета на измервателния кондензатор може да се съди за количеството вода в обема на кондензатора. Но по дефиниция влажността на дадена проба представлява процентното отношение на теглото на водата спрямо общото тегло на пробата. При промяна на плътността на пробата ще се промени нейното тегло, следователно ще се получи грешка в направените изчисления за процентното съдържание на вода. Този проблем ще бъде разгледан подробно по-нататък.

2. Температурата на изследваната проба

3. Структура на материала

3.1. Химическа структура

3.2. Физическа структура

4. Поддръждане на частиците в измервателния кондензатор

5. Влажност и температура на въздуха

6. Хомогенност на разпределението на влагата в обема на изследваната проба и в обема на всяка отделна частица.

Целта на тази публикация е да се анализира проблемът с измерване на влажност

на материал, чиято плътност варира в известни граници. Влиянието на останалите параметри е описано в [1,2].

Да приемем, че пробата от изследвания материал в кондензатора от фиг.1 е напълно хомогенна и има плътност (специфично тегло) $\rho=1$. Нека дефинираме следните параметри:

ϵ_x - относителна диелектрична проницаемост на материала при плътност $\rho=1$

ϵ_c - относителна диелектрична проницаемост на абсолютно сухия материалматериала при плътност $\rho=1$

ϵ_B - относителна диелектрична проницаемост на водата (плътност $\rho=1$)

W - влажност на измерваната проба.

Можем да запишем уравненията

$$1/1) \quad C_x = \frac{\alpha \cdot b \cdot \epsilon_0 \cdot \epsilon_x}{d} \quad \epsilon_x = \frac{C_x \cdot d}{\alpha \cdot b \cdot \epsilon_0} = C_x \cdot K$$

$$1/2) \quad \epsilon_x = \epsilon_c \cdot \frac{100 - W}{100} + \epsilon_B \cdot \frac{W}{100}$$

За влажността се получава

$$1/3) \quad W = \frac{\epsilon_x - \epsilon_c}{\epsilon_B - \epsilon_c} \cdot 100$$

Тук променлива е единствено ϵ_x (константите ϵ_c и ϵ_B се задават при настройка на влагомера).

Нека вземем проба от материал от същият вид, със същата влажност, но с плътност различна от 1 ($\rho < > 1$). Да поставим пробата във влагомер калибриран за $\rho=1$. За относителната диелектрична проницаемост на тази проба можем да запишем

$$1/4) \quad \epsilon_x(\rho) = \rho \cdot \epsilon_x(1) = \rho \cdot \epsilon_x$$

По формула /3/ влагомерът ще отчете влажност

$$1/5) \quad W(\rho) = \frac{\rho \cdot \epsilon_x - \epsilon_c}{\epsilon_B - \epsilon_c} \cdot 100$$

Относителната грешка на направеното измерване , породена от различната плътност на пробата ще бъде

$$1/6) \quad \frac{\Delta W}{W} \cdot 100 = \frac{W - W(\rho)}{W} \cdot 100 = \frac{\epsilon_x \cdot (1 - \rho)}{\epsilon_x - \epsilon_c} \cdot 100$$

Трябва да се обърне внимание , че относителната грешка в случая се явява като процент от процента влажност (от относителната влажност W).

Ако се предположи, че $\epsilon_x > > \epsilon_c$ (това е валидо при среди и високи влажности) се получава опростената формула

$$171 \quad \frac{\Delta W}{W} \cdot 100 = (1 - \rho) \cdot 100, [\%]$$

От гледна точка на практическата реализация на влагомер за насипни материали, са възможни няколко варианта за избягване на грешката от различна плътност на пробата:

1. Привеждане на плътността на пробата до плътността, за която е настроен влагомера. Обикновено това се постига чрез пресоване или стръскване на пробата.

Такъв метод е използван при измерване на влажност на тютюн в поток от фирмата HAUNI. Измервателният кондензатор е закрепен към вибротранспонтьор, който придвижва материала през кондензатора и същевременно го уплътнява чрез вибрациите си. Трябва да се отбележи, че този метод може да се уеднакви подреждането на отделните частици в измервателния кондензатор, но не и да се постигне еднаква плътност на пробите.

2. Измерване на плътността на пробата и въвеждане на съответните корекции при отчитането на влажността. Това измерване може да стане по няколко начина:

2.1. Измерване на теглото на съд с постоянен обем, запълнен с изследвания материал. Този метод дава точна представа за плътността на пробата, но изисква допълнителни уреди и усложнени конструкции, особено при измерване на влажност в поток.

2.2. Измерване на плътността чрез отчитане на затихването на радиоактивни лъчи, преминаващи през изследваната проба. Измерването става безконтактно и е много удобно за влагомери отчитащи влажността на даден материал в поток. Подобни измерватели на плътност за съжаление имат много висока цена и поставят повишени изисквания към техниката за осигуряване на безопасност на труда.

3. Поставяне в измервателния кондензатор на проба със строго определено тегло. Такъв е влагомерът на фирмата Dickey John [3].

Ще изведем математическо уравнение, върху което се основава отстраняването на грешката при измерването на влажност, породена от различната плътност на пробата. При този метод кондензаторът не се запълва изцяло с изследвания материал. Това е показано на фиг.2

За капацитета на измервателния кондензатор C_X може да се запише

$$18/ \quad C_X = C_M + C_{\text{възд}} = \frac{a \cdot h}{d} \cdot \epsilon_0 \cdot \epsilon_X(\rho) + \frac{a \cdot (b-h)}{d} \cdot \epsilon_0 \cdot \epsilon_{\text{възд}}$$

къд C_M - капацитетът на запълнената с изследвания материал част от кондензатора

$C_{\text{възд}}$ - капацитетът на запълнената с въздух част от кондензатора

$\epsilon_{\text{възд}}$ - относителната диелектрична проникваемост на въздуха

Ако приемем, че $\epsilon_X(\rho) \gg \epsilon_{\text{възд}}$, или h приблизително равно на b , то

$$19/ \quad C_X = \frac{a \cdot \epsilon_0}{d} \cdot h \cdot \epsilon_X(\rho)$$

Известна е връзката между тегло G , обем V и плътност ρ

$$/10/ \quad G = V \cdot \rho = a \cdot d \cdot h \cdot \rho$$

$$/11/ \quad h = \frac{G}{a \cdot d \cdot \rho}$$

От уравнения /4/, /9/ и /11/ следва

$$/12/ \quad C_x = \frac{\epsilon_0}{d} \cdot G \cdot \epsilon_x$$

т.е., ако $G = \text{const}$, то капацитетът C_x няма да зависи от плътността на изследваната проба.

Базирайки се на уравнение /12/ беше разработен и внедрен влагомер за пшеница. При направените изследвания беше установено, че като суровина пшеницата се характеризира със следните изменения на параметрите си:

- влажност $W = 8 - 17 \%$

- плътност (специфично тегло) $\rho = 0,65 - 0,85$ (в мелничната промишленост този параметър е известно като "хектолитър" = 65 - 85)

- отношение $\epsilon_x(\rho) / \epsilon_{\text{възд}} = 2 - 5$ (при $W = 13\%$)

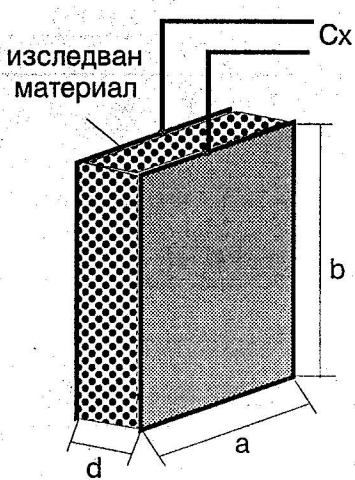
Зареждането на пробата в измервателния кондензатор се извършва автоматично чрез малък шнек, двигателят на който се изключва от датчик, сигнализиращ при достигане на зададената тежест на пробата (фиг.3). Това гарантира зареждането на проба с едно и също тегло независимо от плътността на пшеницата. Автоматичния нани на подаване на пробата води и до еднакво подреждане на отделните зърна в измервателния кондензатор (при всяко зареждане зърната падат от една и съща височина, с една и съща скорост, в една и съща точка). Това води до голяма повтаряемост на измерванията, нещо което не може да се гарантира при ръчно зареждане. Изсипването на пробата се осъществява чрез обръщане на кондензатора от друг двигател.

При ниска влажност на пробата (обикновено това води и до по-голяма плътност, т.е. h намалява) C_m и $C_{\text{възд}}$ са съизмерими. Това може да доведе до грешка от 0,1 до 0,3% особено при голяма влажност и температура на въздуха. За да се избегне това $C_{\text{възд}}$ се изчислява чрез h и $\epsilon_{\text{възд}}$ (формула /8/) и се изважда от C_x . Диелектричната проникваемост на въздуха $\epsilon_{\text{възд}}$ се измерва при празен кондензатор, а височината h (фиг.2) е пропорционална на направените от шнека обороти (сам по себе си шнекът може да се разглежда като обемен дозатор).

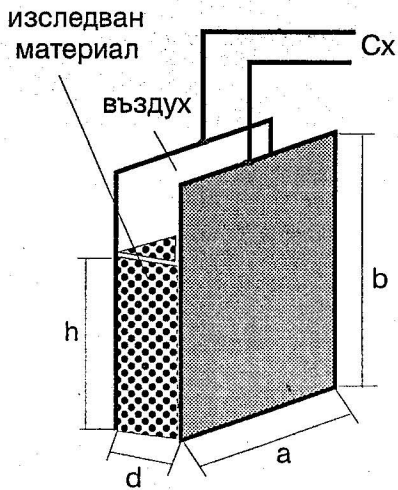
Дозирането на пробата по описания начин дава възможност за автоматично извличане на пробата от движеща се в поток суровина, като едновременно с това повишава точността на измерване.

Използвана литература:

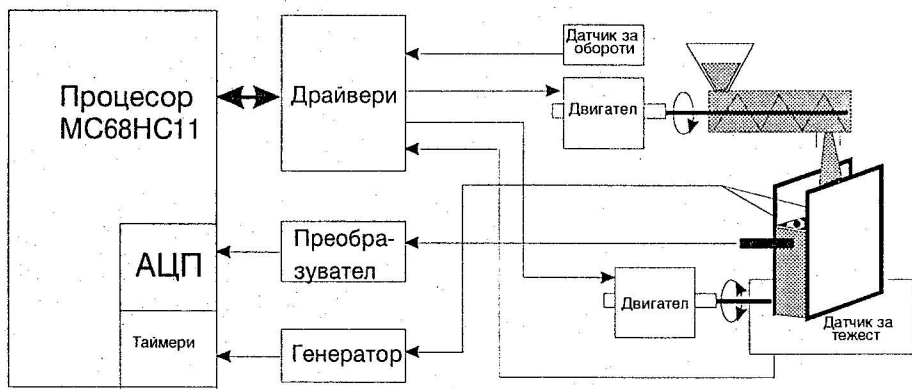
1. Берлинер - Измерение влажности - Москва 76 г.
2. Марков Л. - "Юбилейна научна конференция" Ямбол 1995 г.
3. Diky John - Instalation and operating manual 1985



фиг.1



фиг.2



фиг.3

Acquiring high accuracy of the wheat moisture measurement through automatic dosing of the sample

(summary)

Author: ass. prof. eng. Lubomir Kostov Markov - IME Blagoevgrad

To control different wheat parameters it is necessary to measure the moisture. The existing methods of laboratory analysis enable high accuracy in this process. However, the classical measuring is too slow and can be done in a laboratory only. There are methods of moisture measurement through capacity, microwaves, infra-red rays, etc. In contrast to the classical one, they are quicker and can be applied in manufacture. They are less accurate, though.

In this report an analysis of the errors in the moisture measuring through capacity method is done. The different density of the sample leads to the change of the weight of the sample in the capacitor and as a result - to errors in measurement.

It is offered a moisture tester in which the sample is obtained automatically from the stuff flow. The measurement is independent of the different density of the stuff and other confusing agents. The returning of the sample in general flow is also done automatically. The moisture tester is designed on the basis of a processor MC68HC11. There is an interface RS232 organised for connection with other devices.