

УДК 517.977.5:631.67

В.В. ПОЛИВОДА, Д.Г. ЛИТВИНЧУК, В.О. ГАВРИЛЕНКО
Херсонський національний технічний університет**МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСУ ВИМІРЮВАННЯ ВОЛОГОСТІ В ЗЕРНОВІЙ МАСІ**

Виконано аналіз методів вимірювання вологості зернової маси на хлібоприймальному підприємстві з точки зору можливості їх використання у процесі моделювання в сучасних системах керування технологічними процесами та системах прийняття рішень на хлібоприймальному підприємстві. Сформульовані цілі і задачі дослідження. Проведено моделювання процесу вимірювання вологості в зерновій масі за допомогою кондуктометричного методу, який використовується в сучасних експрес-аналізаторах вологості зерна.

Ключові слова: моделювання, вологість зернової маси, хлібоприймальне підприємство, система керування технологічними процесами, система прийняття рішень.

В.В. ПОЛИВОДА, Д.Г. ЛИТВИНЧУК, В.А. ГАВРИЛЕНКО
Херсонский национальный технический университет**МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА ИЗМЕРЕНИЯ ВЛАЖНОСТИ В ЗЕРНОВОЙ МАССЕ**

Выполнен анализ методов измерения влажности зерновой массы на хлебоприемных предприятиях с точки зрения возможности их использования в процессе моделирования в современных системах управления технологическими процессами и системах принятия решений на хлебоприемных предприятиях. Сформулированы цели и задачи исследования. Проведено моделирование процесса измерения влажности в зерновой массе с помощью кондуктометрического метода, который используется в современных экспресс-анализаторах влажности зерна.

Ключевые слова: моделирование, влажность зерновой массы, хлебоприемное предприятие, система управления технологическими процессами, система принятия решений.

V.V. POLIVODA, D.G. LITVINCHUK, V.A. GAVRILENKO
Kherson National Technical University**MODELING OF HUMIDITY MEASUREMENT PROCESS IN GRAIN**

The paper gives a detailed analysis of methods for measuring humidity of grain on grain-enterprises from the point of view of the possibility of their use in the process of modelling in modern process control systems and decision-making systems at grain enterprises. The article describes the goals and tasks of the study. Much attention is given to modelling of humidity measurement process of grain by the conductometric method used in modern grain humidity express analyzers.

Keywords: modeling, grain humidity, grain-enterprise technological process control system, decision-making system.

Постановка проблеми

Вологість є найважливішим показником якості зерна, тому її визначають при всіх технологічних операціях із зерном на хлібоприймальному підприємстві (ХПП) – прийомці, переміщенні, сушці, сепаруванні тощо [1]. Це пояснюється впливом води на життєдіяльність живих організмів, насамперед самого зерна і мікроорганізмів на його поверхні. Вологість характеризує кількість поживних речовин в зерні, а також його придатність до зберігання та переробки. Так, вологе зерно містить менше поживних речовин і непохитно при зберіганні. Зволоження активізує фізико-хімічні та фізіологічні процеси (дихання, проростання, розщеплення високомолекулярних біополімерів, активізація ферментів, набухання), все це ускладнює його зберігання та переробку. На поверхні вологого зерна починають швидко розвиватися мікроорганізми, також в зерновій масі збільшується число комах, кліщів та інших шкідників. Сукупність перерахованих процесів в зерні призводить до погіршення його якості і до його псування при зберіганні, в результаті при переробці збільшуються витрати енергії на дроблення зерна, знижується вихід і якість продукції, тому необхідно точно та швидко вимірювати важливий показник якості зерна – вологість [2].

Аналіз останніх досліджень і публікацій

Існують три групи методів визначення вологості: прямі і непрямі, а також комбіновані (рис. 1) [3]. Прямі методи ґрунтуються на визначенні втрати маси при сушінні (термічному, у високочастотному електричному полі, хімічному). Непрямі пов'язані з вимірюванням фізичних параметрів, що залежать від вологості (електропровідність, діелектричні втрати, діелектрична проникність).



Рис. 1. Методи визначення вологості зерна

Вимірювання вологості зерна на ХХП виконують згідно ГОСТ 13586.5–93 [4] за допомогою сушильної електричної шафи [5], проте цей метод дуже тривалий у часі, має відносно великі затрати енергії у порівнянні до інших методів вимірювання вологості, не виключається людський фактор при проведенні експерименту та розрахунках, що унеможливує використання цього методу в сучасних системах керування технологічних процесів (СКТП) на ХХП, у системах підтримки прийняття рішень (СППР) тощо. Тому використовують інші методи, наприклад вимірювання вологості зерна за допомогою експрес-аналізаторів [6, 7].

Доцільно розроблення нових методів вимірювання вологості, що базуються на непрямих методах.

Формулювання цілі дослідження

Ціллю дослідження є моделювання процесу вимірювання вологості у зерновій масі як задачі підсистеми контролю та прогнозування у СКТП та СППР зберігання зерна на ХПП.

Для досягнення поставленої цілі необхідно вирішити наступні основні задачі:

- виконати аналіз методів визначення вологості зернової маси;
- побудувати залежності для калібрування приборів експрес-аналізаторів вологості зерна;
- виконати моделювання процесу вимірювання вологості зерна за допомогою експрес-методу.

Викладення основного матеріалу дослідження

При надходженні зерна на ХПП необхідно чітко знати, куди направляти ту чи іншу партію зерна: в зерносушарку, на зберігання в склад активного вентилявання або в силос елеватора на тривале зберігання. При цьому необхідний експрес-метод, що дозволяє провести аналіз за декілька хвилин, інакше процес приймання зерна надзвичайно ускладнюється. Таким методом може бути визначення вологості за допомогою вологоміра зерна, який заміряє електропровідність зерна. Кількість води в зерні впливає на його електропровідність. В сухому стані воно виявляє властивості діелектрика, в той час як у вологому стає напівпровідником. У вологомірі зерно потрапляє в міжелектродний простір, через який пропускають електричний струм. Значення електропровідності зерна автоматично переводиться в значення вологості, виражене 0 відсотках, яке висвічується на цифровому табло приладу, весь процес займає всього 2-3 хв., що є великою перевагою даного методу. У вологомірі для вимірювання вологості зерна застосовується діелькометричний кондуктометричний метод – метод непрямого виміру вологості речовин, заснований на залежності діелектричної проникності цих речовин від їх вологості.

Основою електричних методів вимірювання вологості є залежність від параметрів вологості, що характеризують поведінку вологих матеріалів в електричних полях. Кондуктометричні методи засновані на вимірі електричної провідності матеріалу на постійному струмі і змінному струмі промислової або звукової частоти.

Прилад для вимірювання параметрів якості зернової маси – вологості та сорності – складається за таких блоків (рис. 2): датчик вологості, мікроконтролер, АЦП, датчик зображення, процесор управління, елементи вводу-виводу. Модуль вимірювання вологості зерна зображений на рис 3.

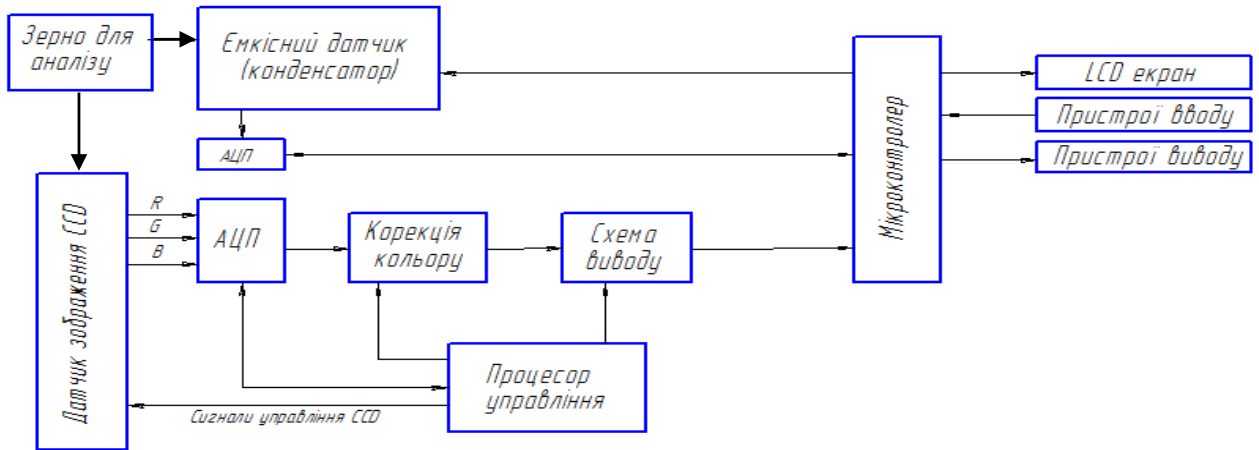
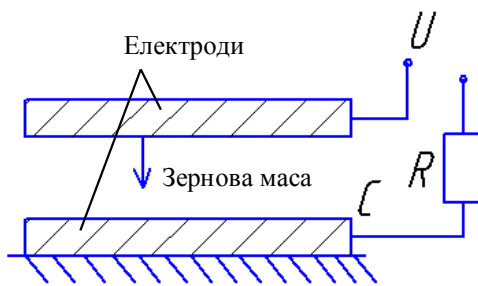


Рис. 2. Структурна схема приладу для вимірювання параметрів якості



а)

б)

Рис. 3. Модуль вимірювання вологості зерна:
а – структурна схема вимірювача вологості; б – внутрішній вигляд модуля

Для випадку датчика вологості з використанням конденсатора з плоскими електродами площею S , розміщеними один від одного на відстані d в середовищі з діелектричною проникністю ϵ , ємність виражається формулою:

$$C = \frac{\epsilon S}{d}. \quad (1)$$

Вологовмісткі матеріали, будучи в сухому вигляді діелектриками, в результаті зволоження стають напівпровідниками. Питомий опір змінюється, отже, залежно від вологості в надзвичайно широкому діапазоні, що охоплює 12-18 порядків. Неоднорідність діелектрика, наявність у ньому вологи позначаються не тільки на величині питомої провідності, але і на якісних особливостях електропровідності: на її залежності від напруженості електричного поля і температури. Похибка ємкісних вологомірів відносно невелика та становить 0,2 ... 0,5%.

Таким чином, з точки зору економії часу і коштів ми приходимо до задачі обчислення наближених значень функції при будь-якому значенні аргументу на основі наявних табличних даних.

Це завдання вирішується шляхом наближеною заміни функції $f(x)$ більш простою функцією $\varphi(x)$, яку неважко обчислювати при будь-якому значенні аргументу x в заданому інтервалі його зміни. Введену функцію можна використовувати не тільки для наближеного визначення чисельних значень $f(x)$, але й для проведення аналітичних розрахунків при теоретичному дослідженні моделі.

Наближення функції $f(x)$ простішою функцією $\varphi(x)$ називається апроксимацією. Апроксимуючу функцію $\varphi(x)$ будують таким чином, щоб відхилення (в певному сенсі) $\varphi(x)$ від $f(x)$ в заданій області було найменшим. Поняття "малого відхилення" залежить від того, яким способом оцінюється близькість двох функцій.

Для того щоб провести апроксимацію, в лабораторії ПАТ "Херсонський комбінат хлібопродуктів", були проведені вимірювання вологості за допомогою вологоміра із застосуванням кондуктометричного методу. Бралися проби зерна, із заздалегідь відомою вологістю і засипалися в модуль для вимірювання вологості зерна та знімалися значення АЦП, які наведені в табл. 1.

Таблиця 1

Результати експериментальних даних

Вологість зерна, %	11,1	11,1	11,1	11,9	11,9	11,9	12,2	12,2	12,2	12,5	12,5	12,5	13,1	13,1	13,1
Значення АЦП	344	345	344	368	370	368	379	383	380	399	402	396	431	432	432
	342	341	343	370	369	368	384	386	383	397	406	408	435	435	435
	347	347	347	375	370	375	384	379	384	396	414	400	433	437	436
	348	344	341			370	383	381	386	395	404	397	438	431	437
	345	345	348				379		384	394	405	407	434	435	434
	341	344					382		380	403	415	401	437	432	
		341								401	411	405	432	436	
											410				
										405					
Середнє арифметичне	345	343,9	344,6	371	370	370	382	382,3	383	398	408	402	434	434	434,8
Повне середнє арифметичне	344,31			370,41			382,3			402,6			434,36		

За допомогою програмного пакету Mathcad, знайдено функцію апроксимації вимірювання вологості та отриманий графік апроксимації (рис. 4).

$$\varphi(x) = a + bx + cx^2 + dx^3,$$

$$a = -159,98355; b = -1.2552482; c = -0.0030822921; d = 2,5550214 \cdot 10^{-6}. \tag{1}$$

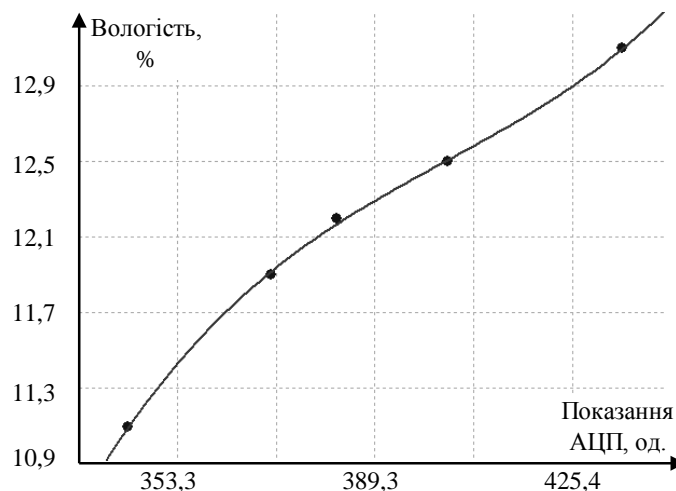


Рис. 4. Результат апроксимації отриманих вимірювань вологості

Зерно засипається в ємність, у якій знаходиться датчик вологості і через 1 секунду на LCD дисплеї відображається значення вологості в процентах. Результат відправляється у СКТП або СППР ХПП через термінальну програму: на рис 5,а зображено результати вимірювання вологості сухого зерна, яке відображається у відсотках (в дужках – значення датчика АЦП), а на рис. 5,б – вологого зерна.

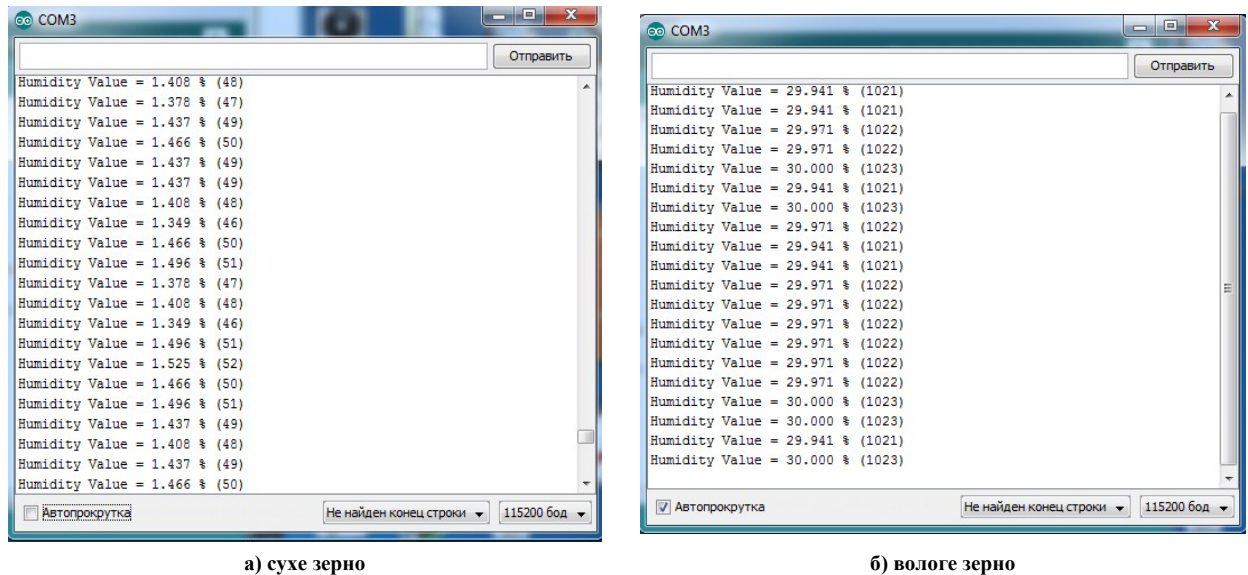


Рис. 5. Результати модулю для вимірювання вологості зерна

Висновки

Моделювання процесу вимірювання вологості зерна показало, що вимірювання вологості зерна за допомогою кондуктометричного методу дозволяє використовувати його у системах керування технологічних процесів на хлібоприймальних підприємствах. Завдяки високій швидкодії, відносно невеликих затрат на обладнання, виключення людського фактору виникає можливість своєчасно фіксувати відхилення стану зернової маси від належного та оперативно приймати рішення щодо технологічних процесів зберігання зерна на ХПП.

Список використаної літератури

1. Поливода В.В. Повышение эффективности контроля состояния зерновой массы при хранении / В.В. Поливода, А.М. Бражник // Проблемы інформаційних технологій. — 2010. — №1 (007). — С. 126—130.
2. Влияние влажности на качество зерна [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <http://agroportal.su/vlazhnost-zerna.html>.
3. Влажность зерна [Электронный ресурс] / Зооинженерный факультет МСХА. — Режим доступа: <http://www.activestudy.info/vlazhnost-zerna/>.
4. ДСТУ ISO 712:2015 (ISO 712:2009, IDT). Зернові та продукти з них. Визначення вмісту вологи. Контрольний метод. Чинний з 01.01.2016 за наказом Держспоживстандарту №208 від 25.12.2015. — К.: Держспоживстандарт України, 2015. — 15 с.
5. Шкаф сушильный электрический СЭШ-3М [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <http://zerno-ek.com/?page=catalog&cat=174>.
6. Измеритель влажности зерна Mini GAC [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <http://www.olis.com.ua/rus/izmeritel-vlazhnosti-zerna-mini-gac.html>
7. Влагомер зерна WILLE-55 [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <http://www.akwa.com.ua/vlagomer-zerna-wile-55.htm>.