

**ІНФОРМАЦІЙНО-ВИМІРЮВАЛЬНА СИСТЕМА КОНТРОЛЮ ЗЕРНОВОЇ СИРОВИНИ ІЗ
ЗАСТОСУВАННЯМ ФОТОЕЛЕКТРИЧНИХ МЕТОДІВ КОНТРОЛЮ**¹Одеська національна академія харчових технологій²Київський національний університет технологій та дизайну,autom1@meta.ua

Анотація. Представлені результати вдосконалення системи контролю якості зерна з використанням фотоелектричного методу з реєстрацією спектрів пропускання та показника заломлення, а також розробки структури приладу, зі встановленням метрологічних характеристик стосовно організації і технології хлібоприймальних і зернопереробних підприємств.

UDC 535.651:631

Aleksashin O.V.¹, Gorkun V.V.², Shevchenko K.L.²**INFORMATIVELY INSTRUMENTATION CHECKING OF CORN RAW MATERIAL SYSTEM
WITH APPLICATION OF PHOTO-ELECTRIC METHODS OF CONTROL**¹Odesa national academy of food technologies²Kiiv national university of technologies and designautom1@meta.ua

Ключові слова: оптичний метод, поглинання, заломлення, інтерференція, зернова продукція.

Annotation. The presented results perfection of the checking of quality grain system are with the use of photo-electric method with registration of spectrums of key-in and index of refraction, and also developments of structures of device, with establishment of metrology descriptions in relation to organization and technology enterprises on processing of grain.

Keyword: optical method, index of absorption, index of refraction, interference, grain products.

Сучасні ринкові умови розвитку різних галузей промисловості висувають необхідність вирішення задач контролю якості всього потоку продукції, що вимагає багаторазового збільшення кількості випробувань. Так у сільському господарстві, при використанні класичних трудомістких і тривалих методів, контроль вхідного потоку зернової сировини на елеваторах і хлібоприймальних підприємствах перетворюється на важкорезалізоване завдання. Одним з перспективних напрямків вирішення подібної задачі є використання оптичних методів контролю. У більшості робіт, присвячених застосуванню оптичних методів контролю якості харчової і сільськогосподарської продукції, використовується техніка, заснована на відбивній спектроскопії. З появою оптичних приладів, здатних вимірювати спектри пропускання цілісного зерна, а також їх широким впровадженням, стало актуальним використання оптичного методу для оперативного контролю якості зерна при прийманні і переробці [1].

Метою і напрямком дослідження даної роботи є вдосконалення експрес-контролю якості зернової сировини з використанням оптичного методу (з реєстрацією спектрів пропускання та показника заломлення), а також розробка структури приладу, зі встановленням метрологічних характеристик стосовно організації і технології хлібоприймальних і зернопереробних підприємств.

Авторами досліджений зв'язок спектрів поглинання та показника заломлення цілісного зерна в інфрачервоній області з такими показниками якості зерна, як вологість, білок, кількість сирової клейковини. Дослідження показали можливість застосування засобів інтерференційної техніки для контролю вказаних параметрів, що розширює область вимірювання оптичних сталих малопрозорих середовищ. За цим методом, одночасно з зондуючим, формують опорне випромінювання, розділяючи початкове випромінювання на рівні частини [2]. Після того, як зондуючий промінь пройде через досліджуване, а опорний промінь – через еталонне середовище, їх суміщають в одній площині, створюючи інтерференційну картину. За зміщенням інтерференційних смуг судять про зміну складу контрольованого середовища відносно еталонного.

Проте цей метод має невисоку точність, при контролі малопрозорих середовищ, через залежність інтенсивності випромінювання яке пройшло досліджуване середовище, від коефіцієнта поглинання цього середовища. В результаті змінюється інтенсивність смуг інтерференції, що приймається фотоприймачем як зміщення смуг. Недоліком є також невисока точність виміру показника заломлення протяжних середовищ через неоднозначність інтерференційної картини, якщо різниця фаз зондуючого і опорного випромінювань перевищує π радіан (180°). Підвищити точність вимірювання оптичних сталих тут можна додатковим вимірюванням послаблень порівнюваних за фазою променів через контрольоване і еталонне середовище.

Авторами розроблений метод, позбавлений вказаних завад. За цим методом монохроматичне когерентне випромінювання джерела 1, що має частоту f (рис.1) розділяють напівпрозорим дзеркалом 2 на зондуєче і опорне. Зондуєчий промінь пропускають через шар контрольованого середовища в кюветі

3 з товщиною l , коефіцієнтом поглинання k_x і показником заломлення n_x . Опорний промінь проходить шар еталонного середовища в кюветі порівняння 10 з показниками l_0 , k_0 , n_0 . Далі зонduючий і опорний промені суміщають напівпрозорим дзеркалом 7. Оскільки вони мають різні часи затримки: $\tau_x = \frac{l \cdot n_x}{c}$ і $\tau_0 = \frac{l_0 \cdot n_0}{c}$, створюється інтерференційна картина, інтенсивність смуг якої визначається інтенсивністю променів і їх різницею фаз. Інтенсивність інтерференційної смуги у полі зору фотоприймача 12 визначиться співвідношенням:

$$I_1 = \sqrt{I^2 + I_0^2 - 2I \cdot I_0 \cos \varphi}, \quad (1)$$

де I і I_0 – інтенсивності, φ – різниця фаз зонduючого і опорного променів.

Різниця фаз зонduючого і опорного променів визначається різницею затримок в контрольованому і опорному середовищі:

$$\varphi = 2\pi f (\tau_x - \tau_0). \quad (2)$$

Потім перетворюють інтенсивність у вибраній точці інтерференційної картини в електричну напругу фотоелектричним приймачем.

$$U_1 = S I_1^2 = S \left\{ I^2 + I_0^2 - 2I \cdot I_0 \cos \left[\frac{2\pi f (\ln n_x - \ln n_0)}{c} \right] \right\}, \quad (3)$$

де S – чутливість фотоприймача; c – швидкість світла.

Якщо показник заломлення середовища n_x змінюється, то відбувається зміщення інтерференційних смуг і інтенсивність у точці, на яку направлений оптичний приймач, змінюється відповідно змінюється і його вихідна напруга.

Аналогічні зміни напруги на виході фотоприймача відбуваються і при змінах коефіцієнтів поглинання контрольованого і еталонного середовища. У відповідності до закону Ламберта-Бугера-Бера, інтенсивність монохроматичного зонduючого випромінювання, що пройшло через поглинаюче середовище, визначається так

$$I' = I_0 \exp(-k_x l), \quad (4)$$

де I_0 – інтенсивність на вході кювети, k_x – коефіцієнт поглинання на частоті f .

Відповідно, інтенсивність опорного променя, що пройшов еталонне середовище

$$I'' = I_0 \exp(-k_0 l_0). \quad (5)$$

Враховуючи поглинання випромінювання і фазові затримки:

$$U_1 = S I_0^2 \left\{ \exp(-2k_x l) + \exp(-2k_0 l_0) - 2 \exp(-k_x l - k_0 l_0) \cos \left[\frac{2\pi f (l n_x - l_0 n_0)}{c} \right] \right\}. \quad (6)$$

При перериванні опорного променя, наприклад, оптичним затвором або обтюратором зникає інтерференція і приймач реагує тільки на інтенсивність зонduючого променя в своєму полі зору

$$U_2 = S I_0^2 \exp(-2k_x l). \quad (7)$$

Далі переривають зонduючий промінь, залишаючи опорний. Напруга на виході фотоприймача:

$$U_3 = S I_0^2 \exp(-2k_0 l_0). \quad (8)$$

З виразів (7) і (8) можна одержати квадрати коефіцієнтів пропускання T_x контрольованого і T_0 еталонного середовищ

$$T_x^2 = \exp(2k_x l) = \frac{U_2}{S I_0^2}; \quad T_0^2 = \exp(-2k_0 l_0) = \frac{U_3}{S I_0^2}. \quad (9)$$

Підставивши ці значення у вираз (6), одержимо значення показника заломлення контрольованого середовища на частоті f .

$$n_x(f) = n_0 \frac{l_0}{l} - \frac{c}{2\pi f \cdot l} \left[\arccos \left(\frac{U_1 - U_2 - U_3}{2\sqrt{U_2 U_3}} \right) \right]. \quad (10)$$

Розділивши (7) на (8), одержимо логарифм відношення напруг

$$\ln \frac{U_2}{U_3} = 2(-k_x l - k_0 l_0), \quad (11)$$

звідки можна отримати значення коефіцієнта поглинання контрольованого середовища на частоті f

$$k_x(f) = k_0 \frac{l_0}{l} - \frac{\ln\left(\frac{U_2}{U_3}\right)}{2l}. \quad (12)$$

Таким чином, за результатами вимірювання трьох напруг фотоприймача U_1 , U_2 і U_3 , можна визначити показник заломлення n_x і коефіцієнт поглинання k_x контрольованого середовища, якщо відомі сталі k_0 і n_0 . На результат вимірювання не впливають зміни потужності випромінювання джерела 1, нестабільність характеристик фотоприймача 12, а також зміни коефіцієнта поглинання точність вимірювання показника заломлення (10) і зміни показника заломлення на точність вимірювання коефіцієнта поглинання (12).

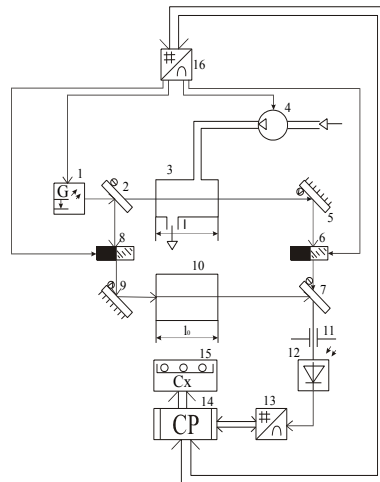


Рис.1. Функціональна схема вимірювача параметрів потоку зернової сировини.

Інтерференційний пристрій працює таким чином. Зонduючий промінь проходить через вимірювальну 3, а опорний – через кювету порівняння 10. Напівпрозорим дзеркалом 7 ці промені об'єднуються, створюючи в площині діафрагми 11 інтерференційну картину. Інтенсивність інтерференційної смуги у полі зору фотоприймача 12 перетворюється в напругу, яка АЦП 13 перетворюється в код і поступає у мікро-ЕОМ 14, що виконує всі необхідні обчислення і через ЦАП 16 керує роботою схеми: вмикає лазер 1 і дозатор 4, а також керує оптичними затворами 6 і 8, які по чергово пропускають на фотоприймач зонduючий або опорний промені. Результати вимірювання фіксує цифровий відліковий пристрій 15.

Схожість структури, властивостей і хімічного складу зерна різних культур і зернопродуктів дозволяють визнати універсальність цього методу і рекомендувати його широке використання на різних зернопереробних підприємствах. А також розширення сфери використання методу за рахунок вирішення завдань технологічного контролю вхідної сировини, проміжних і готових продуктів на зернопереробних і харчових підприємствах, в т.ч. на млинах і спиртзаводах.

Література

1. Бутковский В.А., Мельников Е.М. Технология мукомольного, крупяного и комбикормового производства. М.: Агропромиздат, 1989. - 464 с.
2. Вечкасов М.А., Кручинин К.А. Приборы и методы в ближней инфракрасной области. М.: Химия, 1977. - 280 с.
3. Скрипник Ю.О., Горкун В.В., Шевченко К.Л. Інформаційно-вимірювальна система визначення концентрації газів в повітрі. Вісник КНУТД. – 2013, №3. С. 70-75.

References

1. Bytkovskiy V.A., Melnikov E.M. Tekhnologiya mukomolnogo, krupianogo i kombikormovogo proizvodstva. M.: Agropromizdat, 1989. - 464 s.
2. Vechkasov M.A., Kruchinin K.A. Pribory i metody v blizhney infrakrasnoy oblasti. M.: Himia, 1977. - 280 s.
3. Skripnik Yu.O., Gorkun V.V., Shevchenko K.L. Informatsiyno-vymiruvalna systema vyznachennia koncentratsiyi gaziv v povitri. Visnyk KNUTD. – 2013, №3. S. 70-75.