

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
МИКОЛАЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

**Факультет технології виробництва і переробки продукції тваринництва,
стандартизації та біотехнології**

Кафедра птахівництва, якості та безпечності продукції

Спеціальність 152 – «Метрологія та інформаційно-вимірювальна техніка»

«Допустив до захисту»

Заст. декана

_____ Руслан ТРИБРАТ

« ___ » _____ 2022 р.

«Рекомендувати до захисту»

Заст. зав. кафедри

_____ Олексій СТАРОДУБЕЦЬ

« ___ » _____ 2022 р.

**ВИКОРИСТАННЯ СТАНДАРТИЗОВАНИХ І ЕКСПРЕС-МЕТОДІВ ДЛЯ
ВИЗНАЧЕННЯ ЯКОСТІ ЗЕРНА В УМОВАХ ПОП «ВІКТОРІЯ»
БАШТАНСЬКОГО РАЙОНУ
04.05. – КР. 9-О. 22 01 10. 001**

Виконавець:

здобувач вищої

освіти II курсу _____ Вікторія **ВОВЧЕК**

Науковий керівник:

доцент _____ Олексій СТАРОДУБЕЦЬ

асистент _____ Ірина ЛЮТА

Рецензент:

доцент _____ Олена ПЕТРОВА

ЗМІСТ

РЕФЕРАТ	4
ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ	5
ВСТУП	6
РОЗДІЛ 1. ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ	8
1.1. Основні показники якості зерна	8
1.2. Основні методи визначення вологості зерна	12
1.2.1. Термогравіметричний метод	12
1.2.2. Метод спектроскопії ближньої інфрачервоної області	13
1.2.3. Діелькометричний метод	16
1.3. Основні методи визначення білку в зерні пшениці	17
РОЗДІЛ 2. МАТЕРІАЛ, УМОВИ І МЕТОДИКА ВИКОНАННЯ РОБОТИ	22
2.1. Місце та об'єкт досліджень	22
2.2. Методика виконання роботи	25
РОЗДІЛ 3. РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ	30
3.1. Встановлення точності вимірювання вологості зерна	30
3.2. Вивчення залежності спектроскопічних характеристик зерна пшениці та результатів хімічного аналізу	41
3.2.1. Аналіз зерна пшениці методом К'ельдаля	41
3.2.2. ІЧ-спектроскопічний аналіз зерна пшениці за допомогою ІнфраЛЮМ ФТ-10	43
3.2.3. Результати спектрів дифузного відображення, отримані на спектрометрі «Спектран-ІТ»	48
3.3. Економічна частина	51
РОЗДІЛ 4. ОХОРОНА ПРАЦІ	56
РОЗДІЛ 5. БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ	61
РОЗДІЛ 6. ОХОРОНА ДОВКІЛЛЯ	66
ВИСНОВКИ	71

ПРОПОЗИЦІЇ	73
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	74
Додаток А	83

РЕФЕРАТ

Випускна магістерська робота складається з вступу, огляду літератури, матеріалу та методики досліджень, результатів власних досліджень, висновків та пропозицій, списку використаної літератури.

Робота виконана на 88 сторінках друкованого тексту, містить 15 таблиць, 9 рисунків і 8 формул. Список літератури складає 82 літературних джерела та періодичних видань.

Темою роботи є використання стандартизованих і експрес-методів для визначення якості зерна в умовах ПОП «Вікторія» Баштанського району.

Об'єктами дослідження було обрано врожаї зерна пшениці, ячменю та кукурудзи 2020 року ПОП «Вікторія» Баштанського району.

Метою роботи було порівняти стандартизовані та експрес-методи для визначення якості зерна та встановити розбіжності їх значень на базі господарства ПОП «Вікторія» Баштанського району Миколаївської області.

Для реалізації зазначеної мети було поставлено перелік питань, які підлягали дослідженню:

- встановити точність вимірювання вологості зерна;
- порівняти використання стандартизованих та експрес-методів для визначення якості зерна;
- вивчити залежність спектроскопічних характеристик зерна пшениці та результатів хімічного аналізу;
- встановити вміст білку зерна пшениці методом К'ельдаля;
- провести ІЧ-спектроскопічний аналіз зерна пшениці;
- встановити економічну ефективність використання експертної оцінки якості зерна.

Під час проведення досліджень було проведено порівняння стандартизованих та експрес-методик для визначення якості зерна та встановлено розбіжності їх значень.

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ

ТОВ	товариство з обмеженою відповідальністю
ОП	охорона праці
ЦЗ	цивільний захист
n	кількість тварин
СЕС	сушильна електрична шафа
ДСТУ	державний стандарт України
год	година
хв.	хвилина
с	секунда
г	грам
га	гектари
ІЧ	інфрачервона
X	середня арифметична величина
Sd	статистична похибка різниці
Sx	похибка середньої арифметичної величини

ВСТУП

Сучасні ринкові умови розвитку сільського господарства вимагають від підприємств, що входять у виробничий цикл переробки зерна оптимізації процесу приймання і розподілу зерна всередині підприємства, мінімізації можливих втрат, пов'язаних з простоєм машин, а також прийманням неякісної продукції. Дуже важливий також аспект збереження якості зерна, недопущення змішування зерна різної якості. Зростає попит покупців зерна на найвищу якість зерна внаслідок величезного тиску з боку виробників продуктів харчування, їх власних конкурентів на ринку зерна та глобалізації зернової галузі [18].

Стандартизовані методи, як правило, засновані на проведенні хімічних реакцій, що призводять до руйнування зразка, виконуються вручну, достатньо трудомісткі і вимагають великої кількості часу для проведення аналізу. Тому для підприємств необхідні методи експрес-контролю, засновані на сучасних і швидких методах аналізу. Зернова промисловість потребує автоматизованих, економічних та швидких засобів оцінки якості зерна [29].

Вологість зерна є однією з найбільш важливих характеристик його якості. За параметром вологості можна встановити кількісну частку поживних речовин в зерні, а також визначити тривалість його зберігання. Якщо вміст води в зерні перевищує встановлену норму, то зерно починає швидко псуватися, а кількість корисних речовин в ньому різко зменшується [19].

Вміст білка є важливим, тому що він впливає на технологічні показники якості та істотно впливає на кінцеву ціну, і багато країн вважають його критичним критерієм для визначення ціни пшениці.

Інфрачервона (БІК) спектроскопія – це неруйнівний та швидкий метод, який можна використовувати для дослідження хімічних властивостей зерна. Метод заснований на взаємодії світлового випромінювання із зразком, зокрема, з молекулярними обертонами та комбінаційними коливаннями [31].

При використанні експрес-приладів для визначення таких показників

зерна як вологість, вміст білку, вміст сирової клейковини важливою є точність аналізу. Більшість підприємств, що приймають зерно мають аналізатори зерна з різними принципами роботи таких брендів як Pertern (Inframatic 9500, 8800, Швеція), Foss (Infratec 1241, Infratec Nova, Данія), DICKEY-john (GAC 2100, США), Bruins instruments (Agricheck, Infracheck, Німеччина) [19]. Тому актуальним є порівняння результатів вимірювань показників якості зерна за допомогою стандартизованої методики та експрес-методів.

Метою роботи було порівняти стандартизовані та експрес-методи для визначення якості зерна та встановити розбіжності їх значень на базі господарства ПОП «Вікторія» Баштанського району Миколаївської області.

Для реалізації зазначеної мети було поставлено перелік питань, які підлягали дослідженню:

- встановити точність вимірювання вологості зерна;
- порівняти використання стандартизованих та експрес-методів для визначення якості зерна;
- вивчити залежність спектроскопічних характеристик зерна пшениці та результатів хімічного аналізу;
- встановити вміст білку зерна пшениці методом К'ельдаля;
- провести ІЧ-спектроскопічний аналіз зерна пшениці;
- встановити економічну ефективність використання експертної оцінки якості зерна.

В результаті проведених досліджень спеціалістам господарства надано пропозиції щодо удосконалення оцінки якості зерна пшениці за рахунок використання приладів, заснованих на спектроскопії ближньої інфрачервоної області та діелькометричних, що відзначаються високою точністю, зручністю, оскільки не потребують попередньої підготовки зерна, та швидкістю аналізу.

РОЗДІЛ 1

ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ

1.1. Основні показники якості зерна

Вологість – визначальний показник ефективної технології зберігання зерна в зерносховищах. Аграрії несуть значні витрати, щоб цей показник не досяг критичного значення, коли можна втратити вже готовий урожай [55].

Через надмірну вологість активізуються небажані фізичні і хімічні процеси, які призводять до негативних результатів. Все це є наслідком значних економічних збитків, таких як:

- набухання та проростання зерна;
- розщеплення високомолекулярних біополімерів;
- зменшення маси зерна на 1 літр);
- активізація ферментів (процеси бродіння);
- зниження сипкості та підвищення вразливості від механічних пошкоджень;
- швидкий розвиток паразитів - мікробів, кліщів, шкідливих комах [38].

Вологість зерна є одним з головних показників при торгових операціях і при вхідному контролі, адже від неї залежить чиста маса продукту та подальша його якість при зберіганні. Наявність надмірної вологи в зерні призводить до його проростання, швидкого розвитку небажаної мікрофлори та шкідників, а також істотно знижує вміст білку, тобто цінність зерна. Все це призводить до значних економічних збитків.

Зерно пшениці та інших злакових культур є складною капілярно-пористою системою зі значним вмістом натуральної білкової речовини. В таких системах волога знаходиться як у вільному, так і в зв'язаному станах. Вміст вологи вважається найважливішою фізичною характеристикою зерна в системі сортування зерна. Вологість зерна та інших сільськогосподарських

продуктів враховується під час здавання та приймання на зернопереробних підприємствах та зерносховищах, оскільки від неї залежить чиста маса продукту і, відповідно, дійсна вартість. Це також впливає на проростання зерна, ріст цвілі, зараження комахами та кліщами [11].

Зволоження змінює фізичні властивості зерна – зменшує опір роздавлюванню, збільшує еластичність оболонок. За високої вологості погіршується подрібнення, збільшуються витрати енергії, зменшується вихід готової продукції, погіршується її якість [23].

Усю воду колоїдного капілярно-шпаристого тіла залежно від величини енергії зв'язку поділяють на чотири форми: хімічно зв'язану, адсорбційно зв'язану, капілярно зв'язану і осмотично утримувану. У роботі із зерном, як правило, мають справу з рівноважною гігроскопічною і критичною водою [26].

Вологість, при зменшенні якої біохімічні процеси в зерні різко послаблюються, а при збільшенні – бурхливо зростають, називають критичною. Це такий стан зерна, за якого з'являється вільна вода, тобто вода зі зниженою енергією зв'язку, що забезпечує інтенсифікацію ферментативних процесів. В основних зернових культур критична вологість коливається в межах 14,5-15,5 %, у насінні олійних культур вона значно менша внаслідок великого вмісту ліпідів (6-9 %) [28].

При здачі зерна оплата ведеться за вміст сухої речовини. Під час розрахунків за зерно за основу береться базисна вологість. У разі відхилення від неї господарство може мати натуральні і грошові знижки. За кожен відсоток вологи, вищий від базисної, зменшують на відсоток фізичну масу і нараховують грошову знижку (плата за досушування зерна) [26].

Формування партій зерна на елеваторі є найбільш відповідальною технологічною операцією. Організація процесу приймання зерна, що надходить ускладнюється необхідністю роздільного приймання різноякісних партій зерна відповідно до товарної класифікації. БІЧ-аналізатори цільного зерна, завдяки високій швидкості проведення аналізу та мінімальній пробопідготовки можуть успішно використовуватися на всіх етапах контролю

якості зерна [37].

Якщо зерно залишається надмірно вологим довгий час, це призводить до неможливості його обробки та подальшого зберігання. Навіть якщо вологість не надто перевищує допустиму норму, істотно знижується вихід зерна, а також страждає на якість продукції, виготовленої з нього. Саме тому так важливим є точне визначення вологості зерна в лабораторних умовах, що проводиться різними методами. Тому доцільно буде використовувати методи, які дають точні значення необхідних параметрів [40].

Середній вміст білків в злаках складає від 7 до 17%. Найбільш білкововмісною серед злаків є пшениця, найменша кількість білку міститься в рисі і кукурудзі (7...9%). Білок пшениці є основним показником якості зерна в системі міжнародних стандартів. Показник «сирий протеїн» означає кількість загального азоту, який визначено у зразку одним із аналітичних методів, помножений на відповідний коефіцієнт [61].

Білки нерівномірно розподіляються між морфологічними частинами зерна. Вони накопичуються в дозріваючому зерні і служать для живлення зародка на початкових етапах проростання. Основна їх кількість припадає на ендосперм (65...75%); на зародок до 22%, на алейроновий шар до 15,5%. У ендоспермі білки розподілені також нерівномірно, концентрація їх знижується у міру просування до центру. Центральна частина ендосперму містить мало білку (7...9%). Розподіл білку по частинах зернівки залежить від виду культури, її сорту і ґрунтово-кліматичних умов вирощування [24].

Для визначення якості зерна за показниками вологи, білку чинними є відповідні міждержавні стандарти [15, 19]. Методи включені в ці ДСТУ базуються часто на застарілому обладнанні або виконуються вручну, нерідко це чисто хімічні методи, що дуже ускладнює роботу в лабораторіях. У зарубіжних країнах давно вже користуються сучасним лабораторним обладнанням, з допомогою якого оперативно проводять контроль якості продукції. Аналогічне обладнання з'явилося і в Україні, проте експрес-методи аналізу якості зерна ще не є стандартизованими. Виникає низка проблем з

акредитацією лабораторій, які проводять дослідження, з визнанням результатів одержаних на цьому обладнанні тощо. Тому для ефективної роботи лабораторій і системи експрес-аналізу в цілому, необхідно розробляти ДСТУ на методи контролю з використанням сучасних приладів [63].

Зернова промисловість потребує автоматизованих, економічних та швидких засобів оцінки якості зерна. Прилад БІЧ вперше був використаний у світі для визначення кількості вологи, що міститься в злаках. Методика інфрачервоної спектроскопії (БІЧ) продемонструвала потенціал для вимірювання більшості характеристик якості зерна без попередньої підготовки проби. Це швидкий, надійний, точний та економічний аналітичний прийом [8, 71, 75].

Розроблено ДСТУ 4117:2007 «Зерно та продукти його переробки. Визначення показників якості методом інфрачервоної спектроскопії». Цим стандартом надана можливість використовувати інфрачервоні спектрометри для експресного визначення вологи, білка, жиру, клейковини, золи, крохмалю [18].

Також розроблено ДСТУ «Зерно, продукти переробки, комбікорми. Визначення показників якості прискореними методами», згідно якого на приладах можна визначати прискореними методами вміст білку (протеїну), жиру, клейковини та якість клейковини [63].

Різноманітні методи визначення вологості сипких матеріалів можна поділити на прямі (термогравіметричний, хімічні), які ґрунтуються на розділенні досліджуваного зразка на вологу частину та сухий залишок, та непрямі (теплофізичні, оптичні, ультразвукові, електричні), за якими вологість досліджуваного матеріалу встановлюють за результатами вимірювання інших фізичних величин, які функціонально з нею пов'язані [48].

Сьогодні для визначення загального азоту з подальшим перерахунком в сирий протеїн використовують різні методи, зокрема, фотометричний, класичний – метод К'ельдаля, сучасні – метод Дюма та спектрометричний

(інфрачервоної спектрометрії в ближньому діапазоні (БІЧ-спектрометрії) (DSTU ISO 5983:2003; Bekker, 2009; GOST R 54390-2011) [36].

1.2. Основні методи визначення вологості зерна

1.2.1. Термогравіметричний метод

Із середньої проби виділяють наважку масою (300 ± 10 г). Виділене зерно поміщають в посудину, що щільно закривається, заповнивши її на дві третини об'єму. Зерно, що має температуру нижче температури звичайних лабораторних умов ($20 \pm 5^\circ\text{C}$), витримують в закритій посудині до температури навколишнього середовища [68].

На дно ретельно вимитого і просушеного ексикатора поміщають прожарений хлористий кальцій або інший осушувач. Пришліфовані краї ексикатора змащують тонким шаром вазеліну. Нові бюкси просушують в сушильній шафі протягом 60 хв. і поміщають для повного охолодження в ексикатор. Бюкси, що знаходяться в обігу, також повинні зберігатися в ексикаторі [14].

У виділеному зерні визначають вологість за допомогою електровологоміра. Для зерна з вологістю до 17% визначення проводять без попереднього підсушування. Для зерна з вологістю понад 17% визначення проводять з попередніми підсушуванням до залишкової вологості в межах 9-17%. Перед початком випробувань зерно ретельно перемішують, струшуючи посудину в різних напрямках і площинах [1].

У просушену і зважену сітчасту бюксу з підготовленого зерна для визначення вологості з різних місць відбирають совком зерно масою 20,0 г. Бюксу закривають і зважують. Перед підсушуванням зерна сушильну шафу СЕШ-3М розігрівають до температури 110°C [12].

Після закінчення попереднього підсушування бюкси з зерном виймають і охолоджують за допомогою охолоджувача типу АУО протягом 5 хв, після чого

зважують і зерно подрібнюють [42].

Підсушену і охолоджену наважку зерна переносять із сітчастих бюкс в млин і подрібнюють: зерно пшениці, жита, рису, гречки, проса, сорго, кукурудзи, гороху, квасолі, сочевиці, вики, нуту, чини – 30 с, зерно ячменю, вівса, люпину – 60 с [54].

Контактний термометр перемикають на температуру 130°C, і в шафу швидко поміщають бюкси з наважками розмеленого зерна, причому спочатку в гніздо ставлять кришку, а на кришку – бюксу. Вільні гнізда шафи заповнюють порожніми бюксами. Подрібнене зерно всіх культур, крім кукурудзи, висушують протягом 40 хв., подрібнене зерно кукурудзи – протягом 60 хв., стрижні кукурудзи – протягом 40 хв., відлік часу ведеться з моменту встановлення температури 130°C [66].

Після закінчення експозиції висушування бюкси з подрібненим зерном витягують з шафи, закривають кришками і переносять в ексікатор до повного охолодження, приблизно на 20 хвилин (але не більше 2 годин). Охолоджені бюкси з подрібненим зерном зважують з точністю до другого десяткового знаку і ставлять в ексікатор до кінця підрахунків [54].

Визначення вологості без попереднього підсушування починається з виділення наважки масою 20 г з підготовленого зерна і її подрібнення. Виділення проб і їх зневоднення проводять аналогічно [28].

1.2.2. Метод спектроскопії ближньої інфрачервоної області

Спектроскопія ближньої інфрачервоної області (БІЧ-спектроскопія) являє собою сучасний інструментальний метод кількісного та якісного аналізу різних об'єктів, заснований на поєднанні спектроскопії і статистичних методів дослідження багатофакторних залежностей. Це молекулярна спектроскопія, застосовна для визначення складу об'єкта без його розкладання, що зазвичай становить суть хімічного аналізу. Застосування спектрів пропускання дозволяє не подрібнювати і не висушувати аналізовані зразки, що значно спрощує

пробопідготовку і зменшує час аналізу [30, 31].

Перші інфрачервоні аналізатори почали використовуватись в агрохімічних аналізах в США біля 30 років тому К. Норрісом, а в даний час у всьому світі використовуються десятки тисяч аналізаторів більше 30 модифікацій [39].

Аналізатор зерна Infratec 1241 визначає пропускання зразків в ближньому ІЧ діапазоні, що дозволяє одночасно і точно вимірювати кілька компонентів в зразках цільного (не розмолотого) зерна. Вимірювання засноване на тій обставині, що основні компоненти зерна, наприклад, протеїн, вода, жир і інші, поглинають електромагнітне випромінювання в ближньому ІЧ-діапазоні. Аналізатор зерна Infratec 1241 вимірює поглинання ІЧ-випромінювання, пропущеного через матеріал зразка, тому відпадає необхідність у підготовці зразків [2].

Після обробки вбудованим комп'ютером результат виводиться на дисплей і може бути роздрукований на принтері. Електронні та оптичні деталі розміщені в повністю герметичному блоці, що дозволяє використовувати Infratec навіть в заповишених і вологих приміщеннях. NIT аналіз, як і інші спектрофотометричні методи, є непрямим, і тому потребує калібрування. Для отримання надійних результатів необхідне хороше калібрування. Для аналізатора зерна Infratec 1241 можна використовувати два методи калібрування: метод часткових найменших квадратів (PLS) і штучних нейронних мереж (ANN) [68].

Перевагою аналізатора зерна Infratec 1241 є можливість виявлення нестандартних зразків. Нестандартним називається зразок, для якого неможливо визначити хімічний склад із заданою точністю. При використанні іншого калібрування та ж спектральна інформація може виявитися достатньою для правильного визначення хімічного складу зразка. З іншого боку, якщо спектральна інформація перевернена випадковими похибками інструменту, то використання іншого калібрування, ймовірно, не допоможе. В цьому випадку необхідно буде повторно виміряти спектр того ж зразка. Таким чином, для

будь-якого виявленого нестандартного зразка завжди повинен проводитися повторний аналіз [2].

Будь-який експрес аналіз є вторинним, тобто будь-який аналізатор, абсолютно будь-якого виробника, спочатку налаштовується на дані, отриманих арбітражними (еталонними) методами в лабораторії. Дані цих вимірювань вводяться в програмне забезпечення, яке знаходить зв'язок між спектральною інформацією з зразків, проаналізованих на експрес аналізаторі і результатами еталонного методу. Цей зв'язок називається калібрувальною моделлю. Вона виражається як алгоритм або математичне рівняння, яке інструмент використовує для прогнозування результатів вимірювань при аналізі невідомих зразків [45].

Для отримання цих алгоритмів використовуються кілька математичних методів: від найпростіших, до дуже складних. Метод MLR (множинна лінійна регресія) зазвичай використовується для фільтрових аналізаторів і простих додатків. MLR підходить в разі дуже сильної кореляції між вимірюваним параметром і декількома конкретними довжинами хвиль інфрачервоного діапазону. Однією з таких ситуацій є аналіз вологості в разі, коли всі інші показники стабільні. Такі випадки зустрічаються досить рідко, тому фільтрова технологія і множинна лінійна регресія сьогодні практично не використовуються [43].

PLS (приватні найменші квадрати) – це набагато більш досконала техніка і найбільш часто використовуваний метод калібрування для всіх типів БІЧ-аналізаторів. Він добре працює в більшості ситуацій. Досить часто вдається створити хороші калібрування всього на 100 зразках. Інший плюс методу PLS полягає в тому, що він зазвичай дає розумні прогнози навіть для зразків, які трохи відрізняються від діапазону, на якому було побудовано калібрування [41].

Глобальні ANN-калібрування FOSS – це готові калібрування для БІЧ-аналізатора. Вони засновані на більш ніж 50 000 наборах спектральних даних, співвіднесених з понад 300 000 результатами класичного хімічного аналізу, і,

таким чином, мають величезну цінність з точки зору доступних еталонних даних. Штучна нейронна мережа (ANN) – це калібрувальна модель, яка в принципі заснована на нейронній структурі людського мозку [73].

У наказі Міністерства економічного розвитку і торгівлі України від 13.10.2016 N 1747 зазначено, що для аналізаторів показників сільськогосподарської та харчової продукції: молока, зерна і продуктів їх переробки міжповірочний інтервал становить 1 рік. Таким чином, калібрування експрес аналізаторів повинна проводитися не рідше, ніж раз на рік, щоб забезпечити задані метрологічні характеристики, а саме: мінімальне розходження даних вимірювального приладу з результатами, отриманими еталонним лабораторним методом (хімічним, механічним та ін.). Під час налаштування (калібрування, перевірки) ІЧ аналізатора необхідний набір референтних зразків зерна, для розробки градуйованого рівняння по всій шкалі [40].

1.2.3. Діелькометричний метод

Діелькометричний метод визначення вологості передбачає оцінку вологовмісту за результатами вимірювання діелектричної проникності та тангенса кута діелектричних втрат вологих матеріалів та речовин в широкому діапазоні частот – від звукових до НВЧ. Вимірювання вологості діелькометричним методом ґрунтується на різниці значень діелектричної проникності твердої основи, повітря і води [13, 19].

Основними характеристиками досліджуваної речовини є залежності діелектричної проникності та діелектричних втрат від вологовмісту, частоти змінного поля, температури, густини тощо. Вода є речовиною сильно поляризованою, тому, наявність в зерні вологи значно змінює його діелектричну проникність - коли зерно сухе, воно діелектрик, коли вологе, воно провідник. Для визначення вмісту води, досить виміряти ємність конденсатора, між пластинами якого розміщений досліджуваний матеріал.

Вибору світових фірм-виробників на користь діелькометричних вологомірів сприяють простота конструкції даних вологомірів, доволі висока точність, можливість вимірювання вологості зерна в потоці, а також їх відносна дешевизна [14, 19].

Аналізатори зерна серії GAC (модифікації GAC 2100, GAC 500 XT, mini GAC plus) призначені для вимірювань вологості і натури (об'ємної маси) зернових, зернобобових та олійних культур в лабораторних і польових умовах, при збиранні, зберіганні та переробці зерна, при післязбиральній обробки і сушіння зерна, на токах, при розміщенні зерна в сховищах, а також на зернопереробних підприємствах, де є потреба у експрес-аналіз вологості. Принцип дії аналізаторів заснований на діелькометричному методі вимірювання вологості і являють собою мікропроцесорні прилади, що забезпечують виведення на рідкокристалічний дисплей процентний вміст вологи, натури (об'ємної маси), температури і назви вимірюваних зернових, зернобобових та олійних культур [6].

1.3. Основні методи визначення білку в зерні пшениці

Протеїн є важливою поживною речовиною у зерні злакових та продуктах їх переробки. Дуже важливим є вміст протеїну для пшениці, так як у комерційному відношенні впливає на клас зерна, але в виробництві є показником борошномельних і хлібопекарських властивостей пшениці. Визначення білка (протеїну) можливе як з допомогою сучасних ІЧ-аналізаторів, і класичними хімічними методами К'ельдаля чи Дюма [3].

Метод К'ельдаля – найпоширеніший класичний метод визначення протеїну відповідно до міжнародних стандартів у харчовій та комбікормовій промисловості, при виробництві напоїв, а також у хімічній та фармацевтичній промисловості. Він надалі залишається загальновизнаним методом визначення білка і найчастіше використовується в якості еталонного для калібрування інших методів визначення масової частки білка і приладів для експрес-аналізу.

Цей метод внесений до державних стандартів як арбітражний і широко використовується як в лабораторіях, так і на комбікормових підприємствах (DSTU ISO 5983:2003) [36].

Проведення визначення білка за методом К'ельдаля включає три основні стадії:

1. мінералізація (спалювання) зразка;
2. дистиляція (відгін з парою);
3. титрування [5].

Мінералізацію (розкладання) зразка проводять за температури 44-440 °C при наявності концентрованої сірчаної кислоти і каталізатора. Азот (N) із зразка у вигляді аміаку, зв'язується з сірчаною кислотою з утворенням сульфату амонію $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$. Мінералізатор охолоджують, а потім розбавляють водою і нейтралізують концентрованим натрієвим лугом [36].

При дистиляції аміак разом з парою попадає в прийомну колбу, де аміак зв'язується із розчином борної кислоти. Потім дистилят титрують розчином сірчаної кислоти. За кількістю реагенту, який був витрачений на титрування зв'язаного аміаку, визначають вміст загального білка [5].

Однією з найважливіших умов отримання достовірних результатів визначення білка за К'ельдалем є ретельна пробопідготовка. Процедура підготовки зразків повинна забезпечувати однорідність і розмелювання проби таким чином, щоб розмір часток не перевищував 1 мм. Для подрібнення зразків рекомендується використання спеціальних лабораторних млинів, таких як LM 3100 виробництва Perten Instruments. Зважування зразків для подальшого аналізу за К'ельдалем обов'язково має проводитися на аналітичних вагах з точністю до 0,1 мг [3].

Метод К'ельдаля застосовують в ручному, напівавтоматичному і автоматичному режимах. При цьому принцип методу залишається тим самим, тільки при автоматизації процесу в 2-3 рази зростає продуктивність праці оператора і при цьому знижується вплив людського фактора на кінцевий результат. Крім того, зменшується кількість шкідливих викидів у навколишнє

середовище і знижуються енерговитрати [36].

Фотометричний метод внесений до державного стандарту для визначення загального азоту/сирого протеїну. В основі методу лежить розкладання органічних речовин дослідного зразку концентрованою сірчаною кислотою з утворенням солей амонію і подальшим фотометричним визначенням азоту у вигляді забарвленої індофенольної сполуки, що утворюється в лужному середовищі при взаємодії з саліцилатом і гіпохлоритом натрію і має максимум світло поглинання за довжиною хвилі 655 нм. Концентрація азоту в фотометричних розчинах повинна знаходитися в межах 0,01-0,14 мг/см³. Однак цей метод не завжди підходить для багатокомпонентних зразків [72].

Метод Дюма часто використовують при експортних операціях для швидкого визначення концентрації білка. При визначенні азоту цим методом зразок спалюється за високої температури (900-1030 °C) у спеціальній лунці в атмосфері кисню при наявності каталізаторів, внаслідок чого вивільняється CO₂, H₂O і N₂. Вуглекислий газ і вода видаляються шляхом пропускання через спеціальні колонки, які поглинають їх, а вміст азоту, що виділився визначають інноваційним самокалібрувальним детектором за теплопровідністю (TCD) LoGas™ (для його роботи не потрібний газ порівняння) і порівнюють з калібрувальною кривою (GOST R 54390- 2011) [74].

Основною перевагою цього методу є швидкість проведення аналізу. При його проведенні не використовуються токсичні хімічні речовини і каталізатори, і практично відсутня пробопідготовка (тільки розмел проби), а на одне визначення потрібно лише декілька хвилин, тоді як при використанні метода К'ельдаля затрати часу є набагато більші (1,5-2 год). Проте, недоліком цього методу є те, що невелика кількість дослідного зразку не завжди є репрезентативною, тому результати досліджень можуть бути не точними. Цей метод не є арбітражним, тому при виникненні претензій між постачальником і споживачем для повторних досліджень використовують метод К'ельдаля [77].

За допомогою класичних аналітичних методів аналізу не завжди

вдається провести належний аналіз якості сировини, та й саме проведення аналізів вимагає багато часу, реагентів, а результати залежать від кваліфікації того, хто проводить аналізи. Тому актуальним на даний момент є використання сучасних інструментальних методів аналізу, які мають суттєві переваги над класичними [76].

В нашій країні рівень автоматизації аналізу якості сільськогосподарської сировини ще досить низький. Кількість стандартизованих інструментальних методів незначна, а існуючі стандарти здебільшого приписують використання застарілих приладів [79].

Спектрометричні методи досліджень ґрунтуються на вибірковій взаємодії електромагнітних хвиль з атомно-молекулярною будовою досліджуваних речовин. У цьому відношенні провідне місце відводять методу інфрачервоної спектроскопії в ближньому діапазоні. Цей метод знайшов широке застосування в різних галузях сільського господарства (для визначення якості ґрунтів, вмісту білка, жиру тощо в кормах і рослинній сировині), в промисловості (для визначення складу нафтопродуктів, якості текстильних матеріалів тощо), в медицині (для визначення жиру, кисню в крові, дослідження розвитку пухлин) [36, 80].

Основною перевагою методу інфрачервоної спектрометрії в ближньому діапазоні є можливість кореляції спектральної інформації з фізичними та хімічними властивостями і всі якісні і кількісні характеристики визначаються одночасно, слабе затухання сигналу, відсутність пробопідготовки та використання розчинників, безконтактний вимір через скло, можливості вимірювання на відстані за допомогою волоконно-оптичних датчиків, час аналізу – кілька секунд [81].

Межа ближнього інфрачервоного електромагнітного випромінювання знаходиться в діапазоні довжин хвиль від 800 нм до 2500 нм (хвильових чисел від 12500 до 4 000 cm^{-1}), тобто вона межує з середньою інфрачервоною межею з великою довжиною хвилі і з видимою межею коротших хвиль. В основі методу інфрачервоної спектроскопії лежить поглинання/пропускання,

відбивання або розсіювання інфрачервоного випромінювання при проходженні через дослідні зразки, та подальшим порівнянням одержаного спектру з результатами бази даних калібрувань. Електромагнітні хвилі в цьому діапазоні спектра взаємодіють з коливальними рухами атомів та молекул у структурі реагентів [36].

Отже, незважаючи на те, що метод К'ельдаля залишається загальноновизнаним при визначенні білка і його найчастіше використовують при дослідженнях, проте сучасні методи – метод Дюма і БЧ-спектрометрії, набувають широкого впровадження у лабораторній практиці. Основною перевагою цих методів є швидкість проведення аналізу (на одне визначення потрібно лише декілька хвилин), практично відсутня пробопідготовка, і що саме головне не використовуються токсичні хімічні речовини і каталізатори [82].

РОЗДІЛ 2

МАТЕРІАЛ, УМОВИ І МЕТОДИКА ВИКОНАННЯ РОБОТИ

2.1. Місце та об'єкт досліджень

Приватне орендне підприємство (ПОП) «Вікторія» розташоване в південному регіоні Баштанського району Миколаївської області, Новобузької територіальної громади, у селі Станційне. Відстань від господарства до обласного центру – м. Миколаїв становить 100 км.

Земельні ділянки господарства розташовані в другому агрокліматичному районі Миколаївської області, який характеризується помірно-континентальним кліматом.

Територія господарства огорожена бетонними плитами, навколо якої насаджено дерева. При в'їзді на територію господарства розташований дезбар'єр, який наповнений тирсою змоченою розчином каустичної соди.

Господарство зв'язане з районним і обласним центрами шосейними дорогами з твердим покриттям.

Клімат в зоні розташування господарства помірно-жаркий, дуже засушливий. Середня температура повітря становить +8-+10°C: липень +25-+28°C. Ґрунти – чорноземи звичайні, мало суглинкові з вмістом гумусу в середньому 3,7%. Пануючі вітри північного напрямку. Загальна кількість опадів за рік – 499 мм.

ПОП «Вікторія» знаходиться в північній частині Причорноморської рівнини на правому березі річки Південний Буг. Характеризуючи ґрунтово-кліматичні умови господарства слід сказати, що вони сприятливі для вирощування озимих зернових, соняшника, кукурудзи та багаторічних трав, у тому числі люцерни.

Напрямок спеціалізації господарства є вирощування зернових культур (крім рису), бобових і насіння олійних культур. Поряд з цим господарство

широко займається розведенням великої рогатої худоби молочних порід та буйволів і виробництвом свинини.

Обсяг та структура товарної продукції ПОП «Вікторія» наведено в таблиці 1. З даних видно, що виробництво тваринницької продукції за період 2018-2020 роки коливалось в межах 51,5-25,4% вартості валової продукції, а галузі рослинництва – досягало показника 74,6%.

Таблиця 1

Обсяг та структура товарної продукції ПОП «Вікторія»

Галузь та вид продукції	2018 р.		2019 р.		2020 р.	
	тис. грн	%	тис. грн	%	тис. грн	%
Товарна продукція галузей тваринництва	737,1	51,5	454,7	32	607,6	25,4
в т.ч. свинарства	501	35,0	321,2	22,6	450,7	18,9
конярства	1,1	0,1	0	0	0	0
бджільництва	0,2	0	0,3	0	0,2	0
інша продукція тваринництва	234,8	23,4	133,2	9,3	156,7	6,6
Товарна продукція галузей рослинництва,	693	48,5	965,7	68,0	1783,1	74,6
в т.ч. зернових культур	341,8	23,9	549,9	38,7	1362,8	57,0
зерно-бобових культур	-	-	-	-	-	-
з них соняшник	143	10,0	164,8	11,6	153,9	6,4
баштанних культур	15,2	1,1	-	-	-	-
овочевих культур	108,9	7,6	84,9	6,0	103,5	4,3
інша продукція рослинництва	84,4	5,9	166,1	11,7	162,9	6,8
Разом по господарству	1430,1	100,0	1420,4	100,0	2390,7	100,0

Власні посівні площі для вирощування кормових культур господарства становлять загальною площею 2409 га, з них ріллі – 2279 га (табл.2).

Врожайність зернових культур господарства за 2018-2020 роки складала від 21,8 до 29,6 ц/га, соняшнику – 12,3-16,1 ц/га, кукурудзи на силос – 157,7

ц/га, однорічні трави на зелений корм – 136,7 ц/га, що є досить високим показником для господарства Миколаївської області (табл. 2).

Таблиця 2

Структура земельних угідь ПОП «Вікторія»

Показник	2018 р.			2019 р.			2020 р.		
	га	%	врожайність, ц/га	га	%	врожайність, ц/га	га	%	врожайність, ц/га
Площа землекористування,	3622	100,0	-	2347	100,0	-	2409	100,0	-
в т.ч. сільгосп. угідь	2937	81,1	-	2347	100,0	-	2409	100,0	-
з них рілля	2334	64,4	-	2215	94,4	-	2279	94,6	-
луки та пасовища	597	16,5	-	430	18,3	-	-	-	-
Посівна площа,	1960	100,0	-	1807	100,0	-	2204	100,0	-
в т.ч. під зерновими	950	48,5	21,8	820	45,4	25,7	1340	60,8	29,6
цукрові буряки	50	2,6	124,8	37	2,1	245,5	80	3,6	94,1
оняшник	240	12,3	14,9	300	16,6	18	250	11,3	16,1
баштанні	40	2,1	300	-	-	-	-	-	-
овочеві	35	1,8	170,1	21	1,2	136,7	37	1,7	87,4
озимі зернові	750	38,3	24,5	692	38,3	23,9	1150	52,2	30,2
кормовими культурами разом	645	32,9	-	529	29,3	-	497	22,6	-
з них кукурудза на силос та зелений корм	440	22,5	201,7	354	19,6	165	362	16,4	157,7
багаторічні трави	140	7,1	136	140	7,8	80,5	70	3,2	175
в т.ч. люцерна	140	7,1	136	140	7,8	80,5	50	2,3	175
з них на сіно	70	3,6	45	60	3,3	45,0	30	1,4	43,4
однорічні трави	45	2,3	125	20	1,1	144	50	2,3	136,7
кормовий буряк	20	1,0	395	15	0,8	390	15	0,7	401,2

Протягом звітнього періоду (2018-2020 рр.) поголів'я свиней в господарстві зросло на 13,5% і становило 1618 голів. Збільшилося і поголів'я основних свиноматок на 8,1%.

Протягом звітнього періоду відмічено тенденцію до підвищення багатоплідності свиноматок, яка в 2020 р. становила 10,5 гол., а в 2018 р. 10,3 гол.(-1,9%).

Середньодобовий приріст також зріс і становив у 2020 р. – 535 г, що на 37 г більше аналогічного показнику 2018 р. Протягом звітнього періоду собівартість свинини зросла на 5,5%, а середня ціна реалізації 1 ц приросту також збільшилася на 19,2%.

В результаті цього рівень рентабельності господарства протягом звітнього періоду коливався в межах 13,73-28,48%. Не високе значення даного показнику свідчить про вплив негативних ринкових коливань на роботу підприємства.

2.2. Методика виконання роботи

Дослідження проводилися на базі господарства ПОП «Вікторія» Баштанського району Миколаївської області.

В роботі визначалась точність вимірювання вологості зерна та вмісту в ньому білку, використовуючи різні методи.

Матеріалом для проведення досліджень виступало зерно пшениці, ячменю та кукурудзи врожаю 2020 року ПОП «Вікторія».

Під час проведення досліджень було проведено порівняння використання стандартизованих та експрес-методик для визначення якості зерна та встановлено розбіжності їх значень.

Досліджувалися три партії зерна пшениці, ячменю та кукурудзи по 10 проб у кожній. Проведено порівняння використання стандартизованих та експрес-методів для визначення якості зерна, вивчено залежність спектроскопічних характеристик зерна пшениці та результатів хімічного

аналізу: встановлено вміст білку зерна пшениці методом К'ельдаля; проведено ІК-спектроскопічний аналіз зерна пшениці; встановлено економічну ефективність використання оцінки якості зерна.

Схема дослідів наведена на рисунку 1.



Рис. 1. Загальна схема досліджень

Вологість зерна пшениці, ячменю та кукурудзи визначали методом спектроскопії ближньої інфрачервоної області на приладі Infratec 1241 (дата останньої повірки і калібровки – 16.11.2020), термогравіметричним методом

згідно зі стандартом ГОСТ 13586.5-93 (СЕШ-3) та на приладі GAC 2100 (дієлькометричний метод, дата останньої повірки і калібровки – 16.11.2020) (рис. 2). Визначення проводилось по 2 рази на кожному з аналізаторів, за результат аналізу приймалось середнє значення 2-х вимірів.



Рис. 2. Infratec 1241, GAC 2100, СЕШ-3

Розрахунок вологості (X) термогравіметричним методом без попереднього підсушування здійснювався за допомогою формули [20]:

$$X = 20 (m_1 - m_2), \quad (1)$$

де m_1 – маса наважки розмолотого зерна до висушування, г;

m_2 – маса наважки розмолотого зерна після висушування, г.

Вологість зерна без попереднього підсушування (X_1) у відсотках розраховували за формулою:

$$X_1 = 100 - m_1 \cdot m_2, \quad (2)$$

де m_1 – маса проби цілого зерна після попереднього підсушування, г;

m_2 – маса наважки розмолотого зерна після висушування, г.

Допустиме відхилення результатів двох паралельних визначень не повинно перевищувати 0,2% [14].

Допустиме відхилення результатів визначення вологості термогравіметричним методом (стандартизована методика) та іншими методами за допомогою засобів вимірювальної техніки для зерна пшениці та ячменю не повинно перевищувати 0,5%, а для кукурудзи – 0,7%.

Кожна відібрана проба проходила визначення вологості за всіма передбаченими методиками у такій послідовності: спочатку у Infratec1241 та

GAC 2100, потім після подрібнення проводили дослідження за СЕШ-3. Це дозволило отримати максимально достовірні результати.

Вміст білку в зерні пшениці визначали методом К'ельдаля відповідно стандарту [15]. Очищене від бур'янів зерно розмелюють на лабораторному млині так, щоб весь продукт пройшов при просіюванні через сито з дротяної сітки. З ретельно перемішаного зерна відбирають наважку масою 0,3-0,7 г. В колбу К'ельдаля з наважкою додають 1,5-2,0 г каталізатора і обережно доливають 10-15 см³ концентрованої сірчаної кислоти. Вміст колби перемішують похитуванням для повного змочування наважки. Нагрівання колби проводять у витяжній шафі. Після відгонки аміаку та титрування сірчаною кислотою проводять обробку результатів.

ІЧ-спектроскопічне дослідження зерна пшениці проводили згідно стандарту за допомогою приладів ІнфраЛЮМ ФТ-10 та Спектран ІТ.

За остаточний результат вмісту азоту приймають середнє арифметичне результатів (X) двох паралельних визначень, що допускаються розбіжність між якими не повинні перевищувати $0,051+0,014X$ [36].

Допустимі розбіжності при контрольних визначеннях азоту не повинні перевищувати $0,051+0,014X$, де X – середнє арифметичне результатів початкового та контрольного визначень.

Вміст азоту в зерні та продуктах його переробки у перерахунку на суху речовину (X_2) у відсотках обчислюють за формулою:

$$X_2 = (X_1 * 100) / (100 - W), \quad (3)$$

де X_1 - вміст азоту в зерні або продуктах його переробки за фактичної вологості, %;

W – вологість зерна чи продуктів його переробки, %.

Вміст білка у зерні або продуктах його переробки (X_4) та (X_5) у відсотках обчислюють за формулами:

$$X_4 \text{ (при фактичній вологості)} = K * X_1, \quad (4)$$

$$X_5 \text{ (у перерахунку на суху речовину)} = K * X_2, \quad (5)$$

де K - коефіцієнт перерахунку вмісту азоту на білок, рівний:

5,7 – для пшениці, вівса та продуктів їх переробки [72].

Визначення масових часток білка методом спектроскопії ближньої інфрачервоної області проводилося на приладі «Спектран ІТ». Розрахунок масової частки визначеного показника проводиться за допомогою градуйованої математичної моделі, отриманої за набором зразків з відомими значеннями масових часток показників, визначених стандартизованими методами хімічного аналізу.

Результати досліджень оброблялися методами варіаційної статистики шляхом біометричної обробки вихідної інформації з використанням прикладних програм MS «Excel» з визначенням середньої арифметичної та її помилки ($\bar{X} \pm S_{\bar{x}}$), показників мінливості (δ і Cv).

Порівняльну оцінку партій зерна за показниками вологості проводили шляхом визначення абсолютної різниці (d) між середніми величинами та їх помилками (Sd), а рівень вірогідності цієї різниці (P) – з використанням стандартних значень критерію Стюдента (td). При цьому використали такі формули:

$$d = \bar{X}_1 - \bar{X}_2 \quad (6)$$

$$Sd = \sqrt{S_{\bar{x}_1}^2 + S_{\bar{x}_2}^2} \quad (7)$$

$$td = d / Sd \quad (8)$$

де d – різниця між середніми величинами контрольної (\bar{X}_1) і дослідної (\bar{X}_2) групи;

Sd – статистична похибка різниці;

td – значення величини критерію Стюдента для міжгрупової різниці.

На заключному етапі досліджень було розраховано економічну ефективність проведення експерної оцінки якості зерна.

В результаті проведення досліджень ПОП «Вікторія» надано пропозиції щодо удосконалення оцінки якості зерна пшениці за рахунок використання стандартизованих та експрес-методів.

РОЗДІЛ 3

РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ

3.1. Встановлення точності вимірювання вологості зерна

Вологість є основним чинником безпеки. При її збільшенні посилюється життєдіяльність всіх живих компонентів зернової маси, що може призвести до її псування. Вологість зернової маси може збільшитися через вологу, що виділяється при диханні та внаслідок інших процесів; вона змінюється при взаємодії зерна та атмосферного повітря внаслідок здатності зернової маси до сорбції та десорбції. Небажано не тільки підвищення вологості зернової маси, а й нерівномірний розподіл вологи по шарах насипу, оскільки це призводить до утворення ділянок з підвищеною вологістю, що може бути причиною самозігрівання зерна пластового. Стан зерна за вологістю перевіряють при закладці на зберігання, під час зберігання, при відправці, а також після будь-якого виду обробки (очищення, сушіння тощо) [27].

При вимірюванні вологості зерна розрізняють прямі та непрямі методи. Прямі методи базуються на видаленні з дослідної проби будь-яким способом вологи та вимірювання маси зразка до та після видалення вологи. Найпоширенішими у цій групі є термогравіметричні вологоміри. Такі вологоміри забезпечують високу точність результатів (похибка на рівні $\pm 0,1\%$), проте вимагають багато часу на вимір (від 20 хв. до кількох діб) [35].

Метод повітряно-теплого сушіння (термогравіметричний), описаний у ГОСТ 13586.5-2015. Суть його полягає в тому, що наважку подрібненого зерна зважують, а потім висушують у спеціальній шафі (СЕШ-3М) при температурі 130 °С протягом 40 хвилин. Після цього охолоджують в ексікаторі (без доступу вологи з атмосфери) і знову зважують. Вологість зерна визначають за формулами, виходячи з отриманих значень мас, і виражають у відсотках. Перевага методу полягає у його високій точності. Недоліки – тривалий процес,

необхідність наявності сушильної шафи та допоміжного обладнання, а також кваліфікованого лаборанта.

З середини 90-х років минулого століття на ринку України пропонуються імпорتنі лабораторні вологоміри з вбудованими вагами та інфрачервоними джерелами випромінювання (іноді такі прилади комплектуються мініатюрними млинами для розмелювання дослідної проби зерна), які завдяки об'єднанню сушильної шафи, ваг і мікропроцесорного пристрою управління в одному приладі дають можливість зменшити час вимірювання та підвищити збіжність результатів, при цьому забезпечують межу допустимої похибки аналізатора на рівні $\pm 0,2 \dots 0,3\%$.

Проте для використання таких приладів у лабораторії необхідна адаптація їх режимів роботи до вітчизняних вимог, для чого необхідно проводити метрологічні перевірки, що викликає додаткові витрати, тому ж практично всі прилади, які використовують термогравіметричний метод, відносяться до групи приладів руйнівного контролю, тобто дослідний зразок зерна в процесі вимірювання його вологості стає непридатним для наступного використання, що не завжди є прийнятним.

Непрямі методи вимірювання вологості базуються на залежності фізичних властивостей об'єкта контролю – досліджуваної проби зерна від рівня її зволоженості. У приладах, побудованих на таких методах, час вимірювання не перевищує 1-5 хвилин.

Найбільш поширеними в цій групі є прилади, які використовують електричні способи визначення вологості: кондуктометричні (або резистивні), засновані на вимірюванні електричного опору зразка при проходженні через нього постійного струму та дієлькометричних (ємнісні та мікрохвильові), дія яких заснована на сильній залежності діелектричної проникності зерна від вмісту вологи.

При дієлькометричному методі ємнісний вологомір (GAC 2100) служить для вимірювання у великому діапазоні частот діелектричних властивостей матеріалу. При цьому робота на надвисоких частотах має деякі суттєві

відмінності, через що її іноді розглядають як окремий спосіб.

Основні компоненти сухого зерна – слабо полярні чи неполярні. Їхня діелектрична проникність невисока. Наприклад, у жирів вона становить 3,5, у клітковини – 6,5, у крохмалю – 10. Вода, навпаки, є сильно поляризованою речовиною, у неї даний параметр дорівнює 81 (при 18 С°). Тому наявність у зерні вологи значно змінює його діелектричну проникність – коли зерно сухе, воно діелектрик, коли вологе, воно провідник. Для визначення вмісту води достатньо виміряти ємність конденсатора, між пластинами якого розміщений досліджуваний матеріал [6].

Дієлькометричний метод має один недолік – ємність зразка залежить не тільки від вологості, а ще й від хімічного складу. Тому для кожного матеріалу в комплекті приладу має бути «своя» градуйована шкала.

У сучасних дієлькометричних вологомірах вплив температури на результат визначення вологості здебільшого враховано як поправочний коефіцієнт, який автоматично або в ручному режимі вводиться в кінцевий результат вимірювань.

Гранулометричні характеристики зерна не ідеальні, тому при кожному повторному засипанні щільність упаковки дослідної проби в конденсаторі-контейнері різна, і, як наслідок, падає повторюваність (збіжність) результатів. Зменшити вплив щільності упаковки у деяких сучасних вологомірах намагаються шляхом застосування пробопідготовки – попереднього ущільнення зерна у камері конденсатора-контейнера.

В даний час аналізатори вологості вітчизняного та зарубіжного виробництва є набагато досконалішими приладами, ніж ті, що випускалися наприкінці минулого століття. Усі вони поділяються на дві групи: лабораторні та портативні. Перші призначені для стаціонарного застосування. Вони використовують гравіметричну технологію (висушування зразків, з виміром маси наважки), швидко дають результат.

Більшість портативних пристроїв працює за кондуктометричним або дієлькометричним методом. До приладу додається кілька (від 5 до 20) різних

шкал для різних видів зерна. Є можливість зробити індивідуальне градування. Діапазон вимірів максимально широкий, від 0% до 100%.

Infratec 1241 – аналізатор цільного зерна, що використовує технологію пропускання в ближньому ІЧ-діапазоні для вимірювання кількох параметрів (вологи, білка, олії, крохмалю тощо) для широкого спектру зерна та олійного насіння. Це наймасовіший аналізатор якості зерна в Україні [53]. Висока надійність аналізатора у поєднанні з простотою та невисокою вартістю роблять його найзатребуванішим приладом у лабораторіях якості елеваторів, зернових терміналів, переробних підприємств.

Сучасні вологоміри для зерна відрізняються високою точністю, компактними розмірами та максимальною зручністю при експлуатації. Класичні методи вимірювання вологості, засновані на висушуванні зерна, дуже затратні за часом та іншими ресурсами. Портативні ж вологоміри дозволяють проводити експрес-оцінку в будь-яких умовах та приймати оперативні рішення щодо подальшої роботи із зерном.

За зразковий (стандартний) метод визначення вологості приймається вакуумно-тепловий метод – ДСТУ 4117:2007 [69]. Застосовуваний практично метод визначення вологості викладено в ГОСТ 13586.5-93. Для зерна пшениці у ньому визначено похибку методу - $\pm 0,5\%$, при цьому систематична складова похибки методу може досягати $+0,35\%$. Зауважимо, що систематична похибка введена для забезпечення єдності визначення вологості зерна із застосуванням різних екземплярів СЕШ-3, а також електровологомірів зерна. Розбіжність двох паралельних визначень, що допускається, не повинна перевищувати $0,2\%$ [18].

В ході досліджень визначалась точність вимірювання вологості зерна, використовуючи різні методи. Матеріалом для проведення досліджень виступало зерно пшениці, ячменю та кукурудзи (3 партії зерна по 10 проб у кожній) врожаю 2020 року ПОП «Вікторія». Результати визначення вологості зерна пшениці наведено в таблиці 3.

Дослідження по визначенню вмісту вологи в зерні пшениці проводилося

різними методами: термогравіметричним (на приладі СЕШ-3М), діелькометричним (прилад GAC 2100) та на приладі Infratec 1241 (метод спектроскопії ближньої ІЧ-області). Як свідчать дані таблиці за вологістю усі досліджувані проби зерна пшениці входять в межі допустимих норм згідно стандарту.

Таблиця 3

Значення вологості зерна пшениці, %

Проба	Партія 1			Партія 2			Партія 3		
	СЕШ-3М	Infratec 1241	GAC 2100	СЕШ-3М	Infratec 1241	GAC 2100	СЕШ-3М	Infratec 1241	GAC 2100
1	12,7	13	12,9	11,1	11,2	11,5	11,9	12,1	11,7
2	11,4	11,8	11,6	11,5	12,3	11,9	12,1	12,7	12,1
3	11,5	11,8	12,0	11,3	11,6	11,6	11,9	11,9	12,0
4	11,9	11,8	11,5	12,1	12,3	12,4	12,1	12,6	12,4
5	11,2	11,3	11,4	11,6	12,0	12,1	12,1	12,2	12,3
6	12,7	13,0	12,8	11,5	11,9	12,0	11,8	12,5	12,1
7	13,1	13,1	13,1	11,2	11,3	11,6	12,0	11,8	11,7
8	11	11,2	10,9	11,9	12,0	12,0	12,0	12,6	12,1
9	9,8	10,1	11,5	11,6	12,0	12,1	11,9	12,6	12,3
10	11,5	11,6	11,9	11,1	11,2	11,4	11,8	12,0	11,6
Середнє значення	11,68	11,87	11,96	11,49	11,78	11,86	11,96	12,3	12,03

За середнім значенням вологості, яку визначали за допомогою приладу СЕШ-3М, найбільший показник мало зерно пшениці третьої партії (11,96%), що перевищувало значення першої та другої партії відповідно на 0,28% та 0,47%.

Показники вологості зерна першої партії, отримані на приладі Infratec 1241, поступалися значенням вологості зерна третьої партії (0,43%), проте перевищували показник другої партії (0,09%).

Що стосується показників вологості зерна пшениці, встановленої за

використання приладу GAC 2100, то перша партія також поступалась значенню вологості третьої на 0,07% та перевищувала показник другої на 0,1%.

Проте, якщо порівнювати показники вологості досліджуваних проб зерна пшениці, які отримано на різних приладах, то можна зробити висновок, що обидва аналізатори зерна у порівнянні зі стандартизованою методикою визначення вологості (СЕШ-3М), дещо завищують значення вологості на усіх дослідних партіях (табл. 4).

Таблиця 4

Показники вологості зерна пшениці, %, $X \pm Sx$

Номер партії	Значення вологості зерна пшениці						Різниця та її достовірність ($d \pm Sd$)		
	СЕШ-3М	Cv , %	Infratec 1241	Cv , %	GAC 2100	Cv , %	СЕШ-3М-Infratec	Infratec-GAC 2100	GAC 2100-СЕШ-3М
Партія 1, ($X \pm Sx$)	11,68± 0,32	8,33	11,87 ± 0,32	7,97	11,96 ± 0,25	6,16	-0,19± 0,45	-0,09± 0,39	0,28± 0,41
Партія 2, ($X \pm Sx$)	11,49± 0,11	2,89	11,78± 0,14	3,62	11,86± 0,11	2,7	-0,29± 0,18	-0,08± 0,18	0,37± 0,15
Партія 3, ($X \pm Sx$)	11,96± 0,04	0,98	12,30± 0,11	2,74	12,03± 0,09	2,32	-0,34± 0,19	0,27± 0,14	0,1± 0,69

В результаті досліджень вологості встановлена різниця між показниками значень вологості досліджуваних партій, встановленої за допомогою різних приладів, в середньому вологість пшениці досліджуваних партій знаходилась в межах 11,49...11,96% (СЕШ-3М), 11,78...12,30% (Infratec 1241) та 11,86...12,03% (GAC 2100). Порівняно з показником вологості першої партії, отриманим стандартним методом, спостерігається деяке підвищення значення вологості зерна (1,6% – Infratec 1241, на 2,4% – GAC 2100); у другій дослідній партії відповідно: 2,5% та 3,2%; у третій відповідно: 2,8% та 0,6%.

Було проведено дослідження по визначенню вмісту води в зерні ячменю із застосуванням аналогічних методів та обладнання, як при визначенні води зерна пшениці. Результати визначення вологості зерна ячменю

наведено в таблиці 5.

Як свідчать дані таблиці за вологістю усі досліджувані проби зерна ячменю входять в межі допустимих норм згідно стандарту.

Таблиця 5

Значення вологості зерна ячменю, %

Проба	Партія 1			Партія 2			Партія 3		
	СЕШ-3М	Infratec 1241	GAC 2100	СЕШ-3М	Infratec 1241	GAC 2100	СЕШ-3М	Infratec 1241	GAC 2100
1	10,8	11,1	11,3	11,5	11,8	11,9	13,7	12	12,0
2	11,5	11,9	12,0	11,0	11,6	12,6	11,6	11,9	11,4
3	11	11,3	11,4	13,7	13,0	12,4	11,5	11,3	15,9
4	13,7	14,1	15,9	11,6	12,7	13,9	11,0	14,1	12,4
5	11,6	12,0	12,4	11,5	12,4	12,4	12,9	12,4	12,0
6	11,5	11,9	12,0	13,7	11,8	12,3	11,0	11,8	12,4
7	11	11,3	11,4	11,6	12,1	12,4	12,7	12,1	13,9
8	13,7	14,1	15,9	11,5	12,9	12,7	11,6	12,9	12,4
9	11,6	12,0	12,4	11,0	12,5	12,7	11,5	12,5	12,3
10	10,9	11,2	11,1	10,8	11,9	12,9	12,5	12,9	12,6
Середнє значення	11,73	12,09	12,58	11,79	12,27	12,62	12,0	12,39	12,73

Результати дослідів свідчать про те, що показники вологості зерна ячменю другої та третьої дослідних партій перевищували значення проб першої партії. За показниками, отриманими при використанні приладу СЕШ-3М, вологість ячменю першої партії поступалась значенню другої і третьої відповідно на 0,06% та 0,27%.

Якщо розглядати показники вологості досліджуваних проб, отримані на приладі Infratec 1241, то середнє значення вологості ячменю першої партії також є меншим, порівняно зі значенням другої і третьої партії відповідно на 0,18% та 0,3%.

При порівнянні значень вологості ячменю, отриманих за допомогою приладу GAC 2100, також спостерігається менший вміст води в зерні проб першої партії, що на 0,04% поступається показнику другої та на 0,15% третьої партій.

За результатами досліджень (табл. 6) видно, що аналізатори зерна Infratec 1241 та GAC 2100 дещо завищують значення вологості зерна ячменю на усіх дослідних партіях.

Таблиця 6

Показники вологості зерна ячменю, %, $X \pm S_x$

Номер партії	Значення вологості зерна ячменю						Різниця та її достовірність ($d \pm S_d$)		
	СЕШ-3М	C_v , %	Infratec 1241	C_v , %	GAC 2100	C_v , %	СЕШ-3М-Infratec	Infratec-GAC 2100	GAC 2100-СЕШ-3М
Партія 1, ($X \pm S_x$)	11,73± 0,36	9,22	12,09± 0,37	9,22	12,58± 0,60	14,37	-0,36± 0,52	-0,49± 0,71	0,85± 0,70
Партія 2, ($X \pm S_x$)	11,79± 0,35	8,87	12,27± 0,17	4,07	12,62± 0,18	4,17	-0,48± 0,39	-0,35± 0,24	0,83± 0,39
Партія 3, ($X \pm S_x$)	12,0± 0,30	7,49	12,39± 0,26	6,29	12,73± 0,43	10,07	-0,39± 0,4	-0,34± 0,5	0,73± 0,52

В результаті проведених досліджень по визначенню вологості зерна ячменю встановлена різниця між показниками її значень досліджуваних партій, в середньому вологість ячменю досліджуваних партій знаходилась в межах 11,73...12,0% (СЕШ-3М), 12,09...12,39% (Infratec 1241) та 12,58...12,73% (GAC 2100). Порівняно з показником вологості першої партії, отриманим за стандартизованою методикою з використанням СЕШ-3М, спостерігається деяке підвищення значення вологості зерна ячменю (3,07% – Infratec 1241, на 7,2% – GAC 2100); у другій дослідній партії відповідно: 4,07% та 7,04%; у третій відповідно: 3,3% та 6,08%.

Під час проведення досліджень також було міст вологи в зерні кукурудзи. Результати визначення вологості зерна кукурудзи наведено в таблиці 7.

За отриманими показниками видно, що за вологістю усі досліджувані проби зерна кукурудзи входять в межі допустимих норм згідно стандарту.

З таблиці видно, що показники вологості зерна кукурудзи першої партії є нижчими, ніж значення проб другої та третьої партії. Значення вологості зерна кукурудзи першої партії, отримане за допомогою СЕШ-3М, є меншим значень другої і третьої партії на 0,11% та 0,03% відповідно.

Таблиця 7

Значення вологості зерна кукурудзи, %

Проба	Партія 1			Партія 2			Партія 3		
	СЕШ-3М	Infratec 1241	GAC 2100	СЕШ-3М	Infratec 1241	GAC 2100	СЕШ-3М	Infratec 1241	GAC 2100
1	16,5	16,9	16,5	14,4	14,9	16,1	15,2	14,7	16,4
2	17,7	17,7	17,7	15,1	15,9	16,3	15,3	14,1	16,9
3	14,3	14,7	14,6	15,2	16,1	16,4	15,4	17,2	17,5
4	13,8	14,1	14,3	15,3	16,2	16,3	15,7	16,3	14,7
5	16,6	17,2	17,0	15,7	16,3	16,8	16,5	16,7	14,9
6	17,8	17,5	17,5	16,1	16,7	16,9	17,7	16,8	15,7
7	13,7	14,3	13,7	16,2	16,8	17,1	14,3	14,3	14,9
8	14,1	14,6	14,9	16,5	16,8	17,2	13,8	14,6	14,1
9	13,1	14,0	14,1	15,3	15,5	16,1	15,6	14,7	15,7
10	16,7	17,0	17,1	15,6	16,0	16,8	15,1	16,2	15,1
Середнє значення	15,43	15,8	15,74	15,54	16,12	16,6	15,46	15,56	15,59

Середнє значення вологості зерна кукурудзи першої партії, отримане на приладі Infratec 1241, також є меншим, порівняно зі значенням другої і третьої партії відповідно на 0,32% та 0,24%.

Порівнюючи значення вологості зерна кукурудзи, отримані за

допомогою приладу GAC 2100, можна спостерігати менший вміст вологи в зерні проб першої партії, який на 0,86% поступається показнику другої та на 0,15% третьої партій.

За результатами даних (табл. 8) можна зробити висновок, що аналізатори зерна Infratec 1241 та GAC 2100 завищують значення вологості зерна кукурудзи у всіх пробах досліджуваних партій.

Таблиця 8

Показники вологості зерна кукурудзи, %, $X \pm Sx$

Номер партії	Значення вологості зерна кукурудзи						Різниця та її достовірність ($d \pm Sd$)		
	СЕШ-3М	Cv, %	Infratec 1241	Cv, %	GAC 2100	Cv, %	СЕШ-3М-Infratec	Infratec-GAC 2100	GAC 2100-СЕШ-3М
Партія 1, ($X \pm Sx$)	15,43± 0,60	11,64	15,8± 0,52	9,93	15,74± 0,52	9,91	-0,37± 0,79	0,06± 0,74	0,31± 0,79
Партія 2, ($X \pm Sx$)	15,54± 0,21	3,97	16,12± 0,20	3,72	16,60± 0,14	2,46	-0,58± 0,29	-0,48± 0,24	1,06± 0,25
Партія 3, ($X \pm Sx$)	15,46± 0,36	6,99	15,56± 0,39	7,61	15,59± 0,36	6,84	-0,10± 0,53	-0,03± 0,53	0,13± 0,51

В ході досліджень була встановлена різниця між показниками вологості зерна кукурудзи досліджуваних партій, в середньому вологість зерна знаходилась в межах 15,43...15,54% (СЕШ-3М), 15,56...16,12% (Infratec 1241) та 15,59...16,6% (GAC 2100).

При використанні СЕШ-3М було встановлено середнє значення показника вологості зерна кукурудзи першої дослідної партії, він становив 15,43%, що на 0,37% менше показника, отриманого на приладі Infratec 1241, та на 0,31% поступається значенню приладу GAC 2100. У другій дослідній партії вологість кукурудзи, отримана за допомогою стандартизованої методики також поступалася значенням інших приладів відповідно на 0,58% та 1,06%; у третій партії відповідно на 0,1% та 0,13%.

За отриманими показниками вологості досліджуваного зерна пшениці,

ячменю та кукурудзи виявилось, що обидва аналізатори зерна у порівнянні зі стандартизованою методикою визначення вологості, завищують значення вологості на усіх дослідних культурах.

При чому, використовуючи прилад GAC 2100, принцип якого заснований на діелькометричному методі, розбіжність вологості у порівнянні зі стандартизованим методом була вищою на 2,3% при дослідженні ячменю (рис. 3) і нижчою на 1,5% при дослідженні кукурудзи, ніж розбіжність результатів отриманих на приладі Infratec 1241 у порівнянні з контролем.

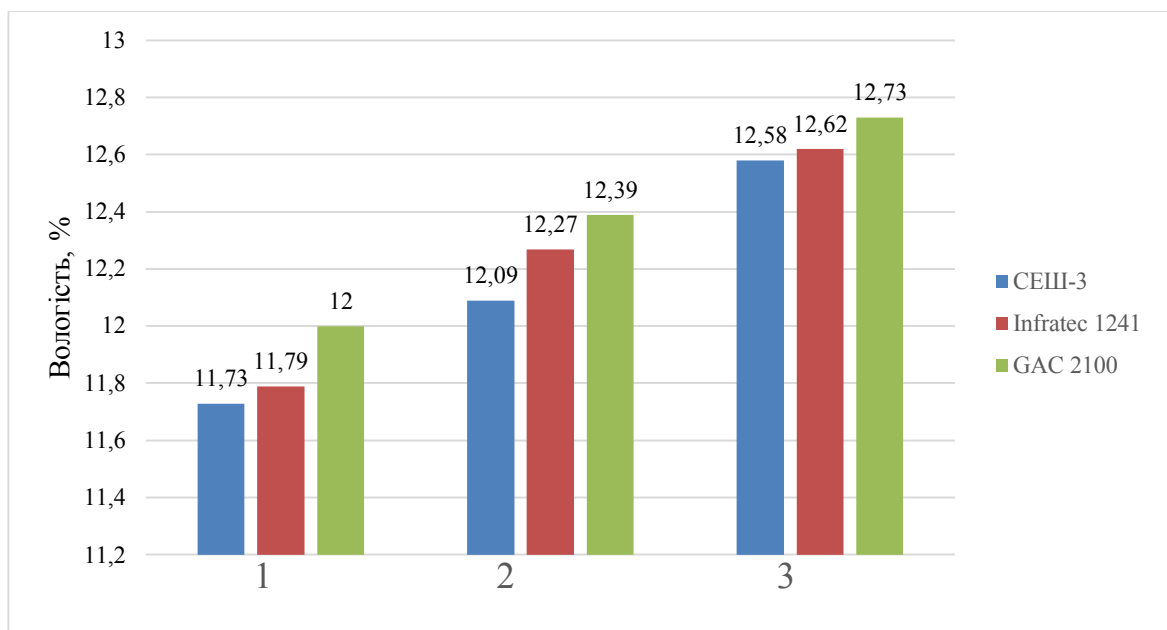


Рис. 3. Порівняння показників вологості ячменю у %, отриманих різними методами

Серед використаних методик найменш точним є діелькометричне визначення вологості (GAC 2100), однак його перевагою є швидкість проведення аналізу (30 секунд), що значно пришвидшує час проведення повного аналізу якості зерна.

Термогравіметричний метод (СЕШ-3М) є найбільш точним, але і найдовшим з усіх досліджуваних. Час проведення аналізу вологості ячменю та пшениці даним методом складає не менше 1 години 10 хвилин, а для визначення вологості кукурудзи взагалі не менше 1,5 години. При прийомці

зерна цей метод є економічно не вигідним і може застосовуватись лише у якості контрольного при виникненні суперечливих питань.

При аналізі ячменю доцільніше застосовувати прилад Infratec 1241, принцип дії якого заснований на спектроскопії ближньої інфрачервоної області, для уникнення зниження довіри постачальників, через значне завищення показників вологості з використанням GAC 2100.

Для визначення вологості кукурудзи краще застосовувати GAC 2100, оскільки він виконує аналіз точніше і швидше на 0,5 хвилини у порівнянні з Infratec 1241.

3.2. Вивчення залежності спектроскопічних характеристик зерна пшениці та результатів хімічного аналізу

3.2.1. Аналіз зерна пшениці методом К'єльдаля

Визначення масової частки білка в зерні пшениці проводиться згідно ДСТУ 3768-2010 [20]. В основу методу визначення білка покладено метод К'єльдаля. Відповідно до цього нормативного документа за остаточний результат визначення азоту приймається середнє арифметичне результатів двох паралельних визначень.

Вміст білка досліджували в чотирьох партіях зерна пшениці (по 10 проб) за допомогою методу К'єльдаля. Метод стандартизований [15]. Більш ніж сторічна практика застосування методу К'єльдаля не знайшла йому гідної альтернативи, оскільки він дозволяє з високою точністю визначати кількість азоту, що є складовою білків.

Результати дослідження вмісту білку в зерні пшениці представлені в таблиці 8.

Середнє значення вмісту білку в зерні пшениці (табл. 9) партії 1 становило 12,43%, що перевищувало показники другої партії на 0,19%, третьої на 1,0% та четвертої на 0,26%. Це вказує на те, що проби пшениці першої партії

мають вищу класність (2 та 3 класи) згідно стандарту, порівняно з іншими пробами досліджуваних партій.

Незважаючи на складність комплексу обладнання для визначення білка методом К'ельдаля, використання саме цього методу аналізу гарантує достовірність результатів.

Таблиця 8

Вміст білку в зерні пшениці (n=10), %

Проба	Вміст білку в зерні			
	Партія 1	Партія 2	Партія 3	Партія 4
1	12,4	12,5	11,7	11,6
2	12,4	12,0	11,6	12,1
3	12,6	12,1	11,5	12,3
4	12,1	12,3	11	11,9
5	12,4	12,3	11,4	12,1
6	12,6	12,5	11,0	12,4
7	12,5	12,5	11,5	11,9
8	12,5	12,1	11,6	12,6
9	12,6	12	11,5	12,3
10	12,2	12,1	11,5	12,5
Середнє значення	12,43	12,24	11,43	12,17

Таблиця 9

Середнє значення вмісту білку в зерні пшениці

№ партії	Вміст білку в зерні, ($X \pm Sx$)	Cv , %
Партія 1	12,43±0,06	1,37
Партія 2	12,24±0,07	1,69
Партія 3	11,43±0,08	2,1
Партія 4	12,17±0,1	2,54

Це дуже трудомісткий та тривалий аналіз, тому в сучасній лабораторній

практиці метод К'ельдаля часто намагаються замінити альтернативними методами, у тому числі з використанням дорогих програмно-апаратних комплексів. Провідні фірми зі створення лабораторних приладів випустили експрес аналізатори, що дозволяють максимально механізувати процес розкладання та титрування розчину. Таке обладнання дозволяє суттєво збільшити відтворюваність результатів, знизити витрати реактивів та забезпечити безпеку персоналу. Однак вартість самих приладів становить десятки тисяч євро (на відміну від набору скляних посудин та холодильників).

Метод К'ельдаля досі залишається єдиним загальновизнаним методом визначення білка і найчастіше використовується як еталонний для калібрування та налаштування інших методів визначення масової частки білка та приладів для експрес-аналізу.

3.2.2. ІЧ-спектроскопічний аналіз зерна пшениці

В основі ІЧ-спектроскопічного аналізу лежить зв'язок інфрачервоного спектра поглинання та вмісту зразка. Розташування смуг у спектрі поглинання містить інформацію про якісний склад зразку, а інтенсивність смуг – про концентрацію відповідного компонента.

Калібрування – попереднє визначення залежності між показником пропускання та концентрацією компонента або властивістю зразка. Для того, щоб провести калібрування, необхідно зареєструвати калібрувальну модель, яка пов'язує зміст визначеного компонента з результатом спектрального аналізу і дозволяє по спектру поглинання кількісно визначити компонент, який нас цікавить.

Переваги методу спектроскопії:

- експресність (одночасне визначення всіх нормованих показників менш ніж за 2 хвилини);
- відсутність пробопідготовки;
- простота виконання вимірювань;

- низька собівартість одного аналізу (не потрібні реактиви та інші витратні матеріали);
- не потрібна висока кваліфікація персоналу;
- можливість оперативного оновлення градувань.

Проведено ІЧ-спектроскопічне дослідження зерна пшениці за допомогою приладу ІнфраЛЮМ ФТ-10. Різні складові зразка мають різні за інтенсивністю і за розташуванням у спектрі смуги поглинання.

Знаходження взаємозв'язку між спектром та концентрацією даного компонента дозволяє передбачати його вміст у невідомому зразку.

При аналізі прилад порівнює інфрачервоний спектр аналізованої речовини з бібліотекою даних та видає результат менш ніж за хвилину. В даний час вивчено інфрачервоні спектри понад 20 тисяч сполук, що полегшує практичне проведення аналізу [39, 52].

До ближньої інфрачервоної області спектру відноситься діапазон електромагнітного випромінювання з довжиною хвилі від 750 до 2500 нм, або хвильовими числами від 13333 до 4000 см^{-1} . В інфрачервоній області спектри пов'язані із змінами рівнів коливальної складової енергії молекул. Фундаментальні смуги поглинання коливальних спектрів молекул речовин у твердому та рідкому стані лежать у середній інфрачервоній ділянці (2500 до 50000 нм). У ближній інфрачервоній області лежать обертони та складові частоти, зумовлені переважно коливаннями зв'язків атома водню з атомами інших хімічних елементів. Частота коливання і, відповідно, довжина хвилі поглинання залежить від того, з яким атомом пов'язаний атом водню й у яких структурах перебуває [51, 78].

На рисунках 4-7 представлені ІЧ-спектри зерна пшениці 4-х досліджуваних партій. В ІЧ-спектрі зерна, характерними для білка спостерігаються зміни в області валентних коливань зв'язку N-H (близько 3300 см^{-1}), валентні коливання зв'язку C=O (близько 1640- 1660 см^{-1} смуга амід \square).

Оскільки зерно є неоднорідним продуктом, як за крупністю окремих зерен, так і за хімічним складом, то для різних зразків величина максимуму

спектра пропускання може відрізнятись в 10-15 і більше разів. Відповідно, пошук оптимальної довжини оптичного шляху для кювет, що використовуються при вимірюванні зразків цільного зерна пшениці, зводився до зіставлення діапазону варіювання максимуму спектра пропускання різних зразків, і допустимих меж цього максимуму (30-1000%).

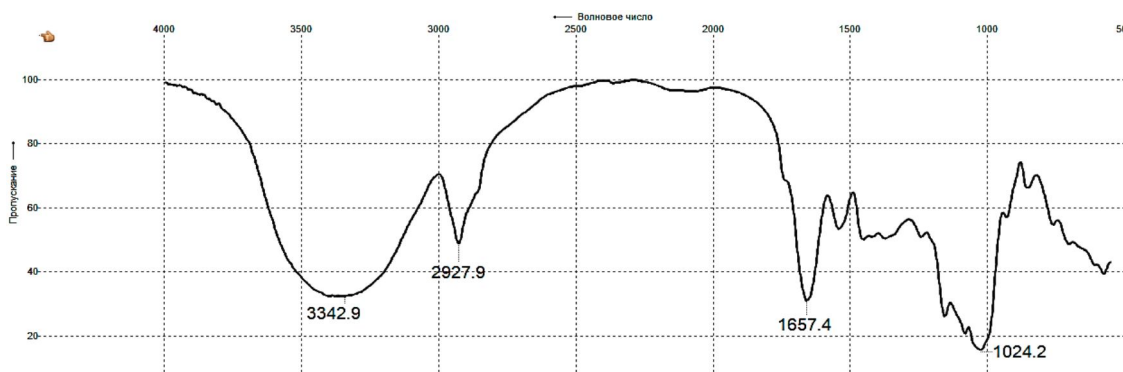


Рис. 4. ІЧ-спектр зернівки пшениці партії №1

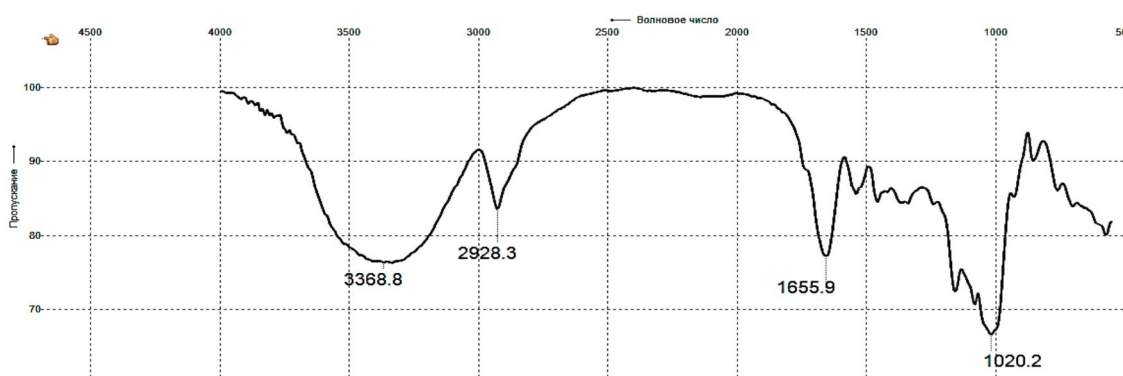


Рис. 5. ІЧ-спектр зернівки пшениці партії №2

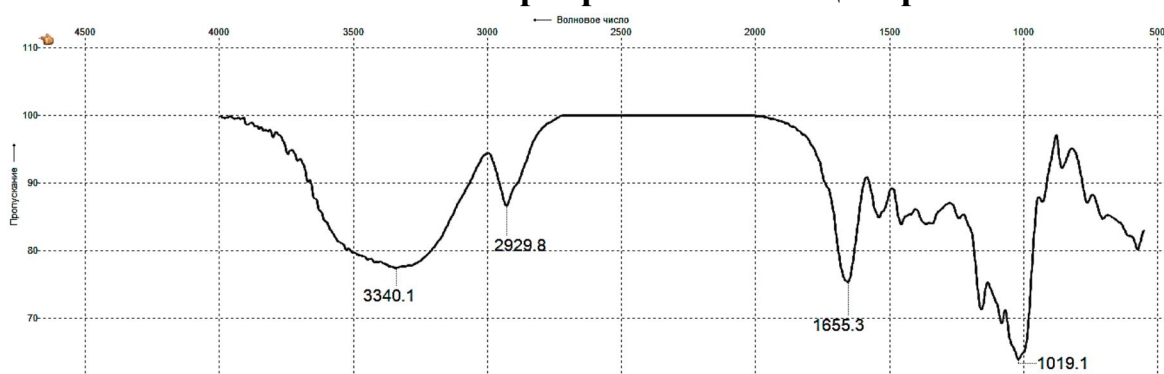


Рис. 6. ІЧ-спектр зернівки пшениці партії №3

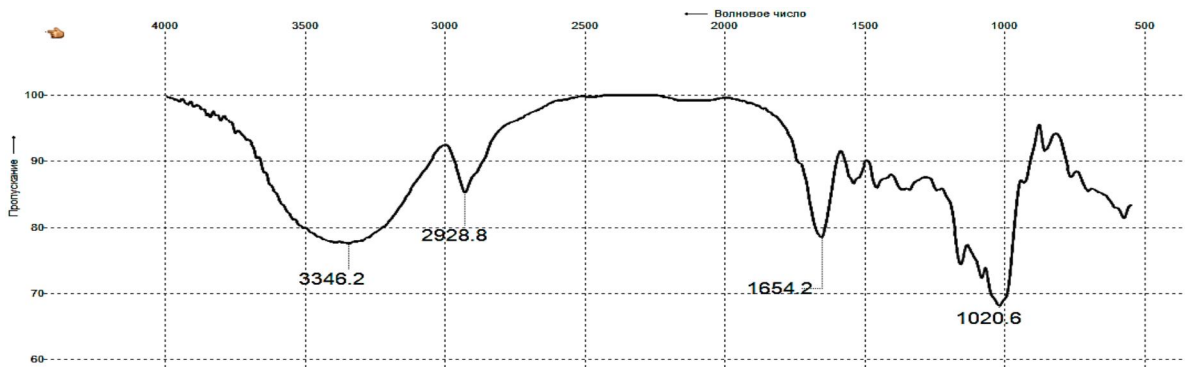


Рис. 7. ІЧ-спектр зернівки пшениці партії №4

Експериментальним шляхом знайдено оптимальну довжину оптичного шляху кювети (18 мм), що дозволяє аналізувати зразки пшениці, що сильно відрізняються, і при цьому задовольняє зазначені вище вимоги. Довжина оптичного шляху кювети 18 мм.

Ще одним вкрай важливим для забезпечення співпадіння та відтворюваності результатів фактором є процес заповнення кювети. Оскільки зерно неоднорідне, то залежно від способу заповнення кювети укладання зерна в кюветі, а отже, і ступінь її заповнення, і, відповідно, величина оптичного поглинання, змінюватиметься. Одним із варіантів забезпечення відтворюваності заповнення кювети може бути стандартизована процедура вільного засипання зерна. Відповідно до такої процедури зерно засипається з невеликої однакової висоти рівномірно по всій площі кювети. Ущільнення зерна та струшування кювети виключається. Поліпшити відтворюваність заповнення кювети зерном можна за допомогою спеціальної воронки.

Запропонована воронка являє собою пристосування, призначене для стандартизації заповнення кювети зерном, і складається з двох плоских поверхонь: вертикальної та похилої, з'єднаних з боків вертикальними площинами, що утворюють між собою щілину, через яку прокидається зерно. Ширина щілини обрана мінімальною, але не перешкоджає вільному прокиданню зерна через воронку. Виходячи з будови та можливих розмірів зерна пшениці, для забезпечення цієї вимоги була обрана ширина щілини, що дорівнює 6 мм. Ширина воронки відповідає внутрішній ширині кювети. З

зовнішнього боку вертикальної площини воронка має пристосування для кріплення на кювету.

Кут нахилу площини, на яку висипається зерно, був обраний 45° для забезпечення безперешкодного ковзання зерна по поверхні, а також зручності його засипання. Заповнення кювети з використанням даної воронки здійснюється в такій послідовності: зерно пшениці за допомогою шпателя відбирається невеликими порціями по 1,5-3 г і з однієї і тієї ж мінімальної висоти рівномірно висипається по всій ширині похилої поверхні кювети. Заповнення проводиться до верхньої кромки кювети. Перевага цього методу порівняно із заповненням кювети без воронки підтверджена експериментально.

Запропонована кювета з довжиною оптичного шляху 18 мм, а також спосіб заповнення кювети за допомогою спеціальної воронки може використовуватися при проведенні аналізу і інших зернових культур, зокрема, жита та ячменю.

Для підвищення точності та виключення можливості помилок спектри всіх зразків вимірювалися тричі.

Можна сказати, що ІЧ-аналізатор здійснює процедуру розпізнавання продукту за його спектром. Це означає, що будь-який ІЧ-аналізатор здійснює непрямий аналіз показників якості зерна.

Достовірність оцінки показників якості зерна пшениці методом спектрального аналізу багато в чому залежить від коректності складання градууювальних рівнянь.

Поклавши в основу визначення коефіцієнтів градууювальних рівнянь дані, отримані експериментальним шляхом, ми можемо визначити значення показників якості зерна за градууювальними рівняннями з більшою точністю, ніж точність отримання результатів з використанням стандартного методу, який застосовується.

Для чисельної оцінки достовірності одержуваних результатів при використанні інфрачервоних аналізаторів необхідно мати точку відліку –

значення того чи іншого показника якості зерна, яке вважатимемо істинним. Природно відштовхнутися від значень, одержаних стандартними методами.

Зазвичай метод ІЧ-спектроскопії застосовують в якості додаткового методу для аналізу продуктів після хроматографії. Проте інфрачервона спектроскопія також може використовуватися в тих випадках, коли аналіз необхідно провести швидко або в польових умовах, при цьому зберігається висока точність результатів, так як інфрачервоний спектр речовини – це фізична властивість, яка точніше характеризує речовину, ніж температура плавлення, показник заломлення чи щільність.

3.2.3. Результати спектрів дифузного відображення, отримані на спектрометрі «Спектран ІТ»

У ближній інфрачервоній області спектра дифузна відбиваюча спектроскопія є фізичним методом, який може здійснити визначення кількості показників у продуктах складної хімічної будови. ІЧ-аналізатори та спектрометри є найбільш перспективними та екологічно безпечними приладами для швидкого визначення широкого діапазону показників якості харчових та сільськогосподарських продуктів [36].

При виконанні аналізу методом дифузного відображення зразок подрібнюють і поміщають в кювету і опромінюють довжинами хвиль, які лежать у ближній інфрачервоній області. Тривалість аналізу – дві хвилини. За час аналізу відбувається зняття спектра вбудованого в прилад еталона та зняття спектра аналізованого зразка. Далі відбувається обробка даних за допомогою комп'ютера.

Результати спектрів дифузного відображення розмеленої проби були отримані на спектрометрі Спектран ІТ (рис. 8). Прилад може застосовуватися як автономно, так і з використанням зовнішнього комп'ютера. Основна сфера застосування – експрес-аналіз складу та якості зернових, олійних культур та продуктів їх переробки.

Борошно пшеничне	+	+	+	-	-	+	-	-	-	-
Комбікорм	+	+	-	+	+	+	+	+	+	+
Соя	+	+	-	+	+	-	-	-	-	-
Солод	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-
Соняшник	+	+	-	+	+	-	-	-	-	-

Для проведення точного аналізу рекомендується використовувати для розмелювання млин ЛМЦ-1М із встановленим каліброваним змінним ситом 0,8 мм. Максимальна наважка розмеленого зерна для проведення аналізу не повинна перевищувати 20 г.

Технічні параметри приладу Спектран ІТ, наведено в таблиці 11.

Таблиця 11

Технічні параметри Спектран ІТ

Параметр	Значення
діапазон довжин хвиль	1400...2400 нм
час виміру	1...3 хв
діапазон робочих температур	+10...+35 °С
обсяг пам'яті приладу	забезпечує збереження 200 калібрувальних рівнянь для різних показників
обсяг аналізованої проби	20 см ³
живлення від мережі змінного струму	220 В
споживана потужність	не більше 100 В.А
електромагнітна сумісність із зовнішньою мережею	відповідає ГОСТ Р 51350-99
габарити	420x240x230 мм
маса	15 кг

Подрібнені зразки зерна зареєстрували на приладі дифузного відображення «Спектран ІТ». Щоб досягти більш точних результатів та їх повторюваності для кожного досліджуваного зразка реєстрували три його

спектри, проводили ретельне перемішування проб, при вимірюванні спектра зразка кювети розміщали в різних положеннях, потім знаходили середнє арифметичне значення результатів за допомогою ЕОМ.

Розрахунок масової частки визначеного показника проводився за допомогою градуовальної математичної моделі, отриманої за набором зразків з відомими значеннями масових часткою показників, визначених стандартизованими методами хімічного аналізу.

Діапазон даних хімічного аналізу зразків 4 партій пшениці по спектральним даним наведено на рисунку 9.

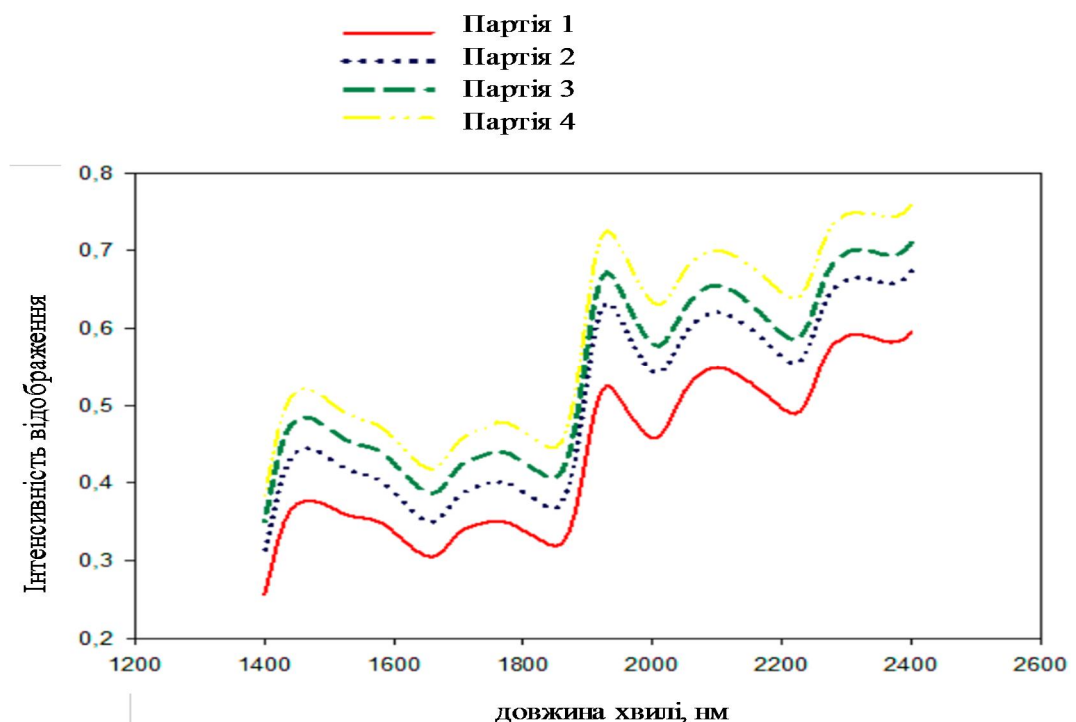


Рис.9. Спектри дифузного відображення 4 партій пшениці

У спектрах дифузного відображення смуги на довжинах хвиль 1445 і 1934 нм є розширеними, основний внесок у розширення дають смуги поглинання води (1409, 1460, 1910 нм). Зміщення максимумів ліній на рис. 9 пояснюється тим, що при зменшенні вологості починає збільшуватися внесок смуг жиру (1410, 1433, 1900, 1930 нм), білка (1422, 1458, 1928 нм), крохмалю (1430, 1927 нм).

Отримані результати досліджень свідчать про те, що для даного методу визначення вмісту протеїну в зерні пшениці характерні висока точність, повторюваність, надійність результатів вимірювань.

3.3. Економічна частина

Економічна ефективність виробництва визначається відношенням одержаних результатів до витрат засобів виробництва і живої праці. В свою чергу, економічна ефективність сільськогосподарського виробництва означає одержання максимальної кількості продукції з 1 га земельної площі, від однієї голови худоби при найменших витратах праці і коштів на виробництво одиниці продукції [10].

Одним із найбільш правильних, широко застосовуваних узагальнюючих показників міри ефективності використання коштів підприємства є прибутковість (прибуток). Прибутковість підприємства визначається ціною, обсягом виробництва, надання послуг та собівартістю виробленого товару та послуги [64].

При надходженні зерна в ПОП «Вікторія» ведеться його облік та здійснюється оцінка за якісними показниками, що визначаються в лабораторії. При відхиленні показників якості зерна за вологістю та сміттєвими домішками вище кондицій, вказаних в стандартах, при реалізації продукції здійснюються натуральні знижки з її фізичної ваги.

Працівники господарства складають реєстр з визначенням якості за середньодобовим зразком, у якому вказується лабораторний аналіз середньодобового зразка та грошовий розрахунок, також складають реєстр товаротransпортних накладних.

ПОП «Вікторія» також надає послуги товаровиробникам такі як: приймання, відвантаження, зберігання, сушіння та підріток зерна зданого товаровиробником для зберігання на складах господарства та подальшої його реалізації споживачеві.

Вартість експертної оцінки за один аналіз зерна, що зберігається в господарстві, надано в таблиці 12.

Економічна ефективність надання експертних послуг у ПОП «Вікторія» проведено у таблиці 13.

Комплексний вантажообіг – основний показник, що характеризує обсяг робіт по прийманню, зберіганню та відпуску зерна. За умовну одиницю приймається тона комплексного вантажообігу (КВО).

Комплексний вантажообіг визначається шляхом множення фізичних тон на відповідні коефіцієнти для різних груп хлібопродуктів:

- зберігання сортового насіння зернових і олійних культур 1 місяць – 0,5;
- складний відпуск хлібопродуктів, крім кукурудзи в качанах, рису – зерна, трав'яного борошна – 0,5;
- зберігання хлібопродуктів, крім зберігання сортового насіння зернових і олійних культур і трав'яного борошна 0,3 (1 місяць) [60].

Таблиця 12

Вартість експертної оцінки зерна, грн/аналіз

Вид платних послуг	Вартість без НДС	НДС, 16%	Вартість з НДС, грн
Визначення вологості	3,61	0,58	4,19
Визначення клейковини	35,96	5,75	41,71
Визначення склоподібності	5,60	0,90	6,5
Визначення зараженості	3,24	0,52	3,76
Визначення засміченості	4,87	0,78	5,65
Визначення натури	3,24	0,52	3,76
Разом	56,52	9,04	65,57

Таблиця 13

Вартість послуг, які надає ПОП «Вікторія»

Види робіт	Об'єм робіт, т	Вартість послуг за 1 т, грн	Виручка, тис. грн
Приймання	11,054	87,10	0,963
Відвантаження	71,054	280,0	19,895
Зберігання	517,340	125,50	64,926
Сушіння	15,876	126,84	2,014
Підробіток	16,576	10,16	0,168
Експертна оцінка зерна на зберіганні	31,416	629,6	19,780

Визначимо комплексний вантажообіг, який є основним виробничим показником оцінки діяльності ПОП «Вікторія». Комплексний вантажообіг (КВО) підсумовує виконувани обсяги робіт на коефіцієнти:

$$\begin{aligned}
 & (\text{приймання} - 11,054 * 0,5) + (\text{відвантаження} - 71,054 * 0,5) + (\text{зберігання} - \\
 & 51,734 * 0,2) + (\text{сушіння} - 15,876 * 0,2) + (\text{підробка} - 16,578 * 0,75) = 5,527 + \\
 & + 35,527 + 103,468 + 3,157 + 12,434 = 160,113 \text{ т.}
 \end{aligned}$$

Економічна ефективність проведення експертизи якості зерна в ПОП «Вікторія» наведено в таблиці 14.

Таблиця 14

**Економічна ефективність проведення експертизи якості зерна в
ПОП «Вікторія», 2021 р.**

Показник	Значення
Кількість зерна, яке піддається експертизі, ц	532
Якість зерна:	х
фактична вологість, %	13,7
базисна вологість, %	14,5
Сміттєва домішка:	х
фактична, %	0,4
базисна, %	1,0

Ціна за проведення експертизи 1 ц, ПСП, грн	3,91
Ціна за проведення експертизи всього зерна, грн	2080,12
Собівартість експертизи 1 ц зерна, грн	2,05
Собівартість експертизи всього зерна, грн	1090,6
Прибуток від експертизи 1 ц, грн	1,86
Прибуток від експертизи всього зерна, грн	989,52
Рівень рентабельності проведення експертизи, %	90,7

Вартість загальної кількості зерна (приймання + сушіння + підробіток) становить 2080,12 грн. Собівартість зерна, яке піддається експертизі: 1090,6 грн. Прибуток від експертизи 532 ц становить 989,52 грн.

Рівень рентабельності проведення експертизи дорівнюватиме 90,7 %.

Отримані результати обґрунтовують економічну ефективність сертифікаційних випробувань зерна пшениці, що проводяться. Тому проведення експертизи зерна пшениці в господарстві є доцільним.

РОЗДІЛ 4

ОХОРОНА ПРАЦІ

Основні положення з охорони праці в Україні встановлені і регламентуються Конституцією України, Кодексом законів про працю, Законом «Про охорону праці», а також розробленими на їх основі і відповідно до них нормативно-правовими актами, Указами Президента, постановами Уряду, правилами, нормами.

В Україні діють «Правила охорони праці у сільськогосподарському виробництві» (НПАОП 01.0-1.02-18). Дія цих Правил поширюється на всі підприємства, установи й організації незалежно від підпорядкування та форми власності, на підприємців, фермерів та інших юридичних і фізичних осіб, які займаються виробництвом сільськогосподарської продукції. Правила встановлюють вимоги безпеки праці до організації й виконання технологічних процесів по вирощуванню, збиранню і первинній обробці сільськогосподарських культур, виробництву і первинній обробці продукції тваринництва й птахівництва, а також під час виконання вантажно-

розвантажувальних робіт та транспортування вантажів. Правила є обов'язковими для працівників підприємств, а також для тимчасово залучених до праці осіб [32].

В господарстві є наказ про призначення відповідальних осіб за роботу по охороні праці в цілому по кооперативу та виробничим ділянкам. Також чітко ведеться документація з охорони праці [33].

На роботу в ПОП «Вікторія» приймається молодь з 16 років і старше, але всі працівники молодше 18 років не залучаються до виконання важких або небезпечних робіт, до робіт зі шкідливими умовами праці, а також до нічних робіт. Для працівників віком від 16 і до 18 років робочий час не повинен перевищувати 36 годин на тиждень.

Працівники і спеціалісти проходять навчання з питань охорони праці. При прийманні на роботу всі працівники проходять вступний інструктаж в кабінеті охорони праці, реєструються в журналі. На робочому місці проводиться первинний інструктаж. Через 6 місяців – повторний інструктаж. Позаплановий інструктаж проводять при введенні в дію нових нормативних актів по охороні праці. Цільовий – при виконанні одноразових робіт.

Інструктаж на робочому місці проводять керівники тих підрозділів, у підлеглих яких будуть інструктовані працівники.

До роботи апаратника з обробки зерна допускаються особи не молодше 18 років, які попередньо пройшли медичний огляд, а також вступний інструктаж з ОП та інструктаж на робочому місці, вивчили інструкцію та навчені безпечним методам роботи на робочому місці протягом перших 12-15 змін під керівництвом змінного майстра або кваліфікованого робітника зі стажем роботи не менше 3-х років, які мають допуск до самостійної роботи, атестовані з ТБ, що мають посвідчення з ТБ.

При зміні правил, норм, інструкцій технологічного процесу або обладнання, внаслідок чого змінюються умови безпеки праці, а також при порушенні працівником правил та інструкцій з ОП, при нещасному випадку господарства проводять позаплановий інструктаж. Після проведення

первинного і позапланового інструктажів робиться запис в журналі інструктажів з підписом інструктованого [7].

Всі працівники господарства перед прийомом на роботу проходять медичних огляд і якщо не мають протипоказань їх приймають на роботу. Кожен рік проходять обов'язковий медичний огляд.

Власник господарства несе повну відповідальність за створення безпечних умов праці членам свого господарства і громадянам, які уклали трудовий договір. В господарстві ПОП «Вікторія» створена добровільна пожежна дружина, в яку входять 6 (шість) працівників господарства. Вони пройшли спеціальне навчання з правил гасіння пожежі, знають де розташовані первинні засоби пожежогасіння.

Встановлено, що на зернових елеваторах починаючи з 2014 року щорічно спостерігається збільшення кількості випадків виникнення пожеж. Так, якщо у 2014 та 2016 роках їх було відповідно по 3, то у 2018 році – 15. Тільки за 2 місяці 2019 року зафіксовано вже 4 надзвичайні ситуації з виникненням пожеж на елеваторах. За місцями локалізації найчастіше, а саме у 56,8% випадках, мали місце пожежі у зернових сушарках. На другому місці фігурують пожежі у складах – 18,2%. У норіях, на транспортних галереях та на трансформаторних підстанціях частота виникнення пожеж була на рівні 4,5%. Інколи, з імовірністю до 2,4% за кожним з випадків, причинами пожеж були удари блискавки та чинники «людського фактору» (порушення технологічного регламенту, правил проведення вогневих робіт, підпалу) [16, 17, 59].

Господарство забезпечено первинними засобами пожежогасіння, має 6 вогнегасників марки ОУ – 6 на кожні 100 м² виробничої площі. Виробничі приміщення додатково оснащені 6 діжками з водою об'ємом по 200 літрів, 6 ящиків з піском об'ємом по 1,0 м³. Господарство забезпечено водою на випадок пожежі, протипожежний запас води зберігається у водонапірній башті [21].

Технічний стан обладнання зернових токів, зерноочисних агрегатів,

зерноочисно-сушильних комплексів спеціалізованих насінноочисних підприємств, цехів і дільниць повинен відповідати вимогам експлуатаційної документації.

Візуальна й звукова сигналізація повинна забезпечувати надійний і зрозумілий зв'язок для безпечних сумісних дій обслуговуючого персоналу, у тому числі, у темний час доби.

Під час проведення технічного обслуговування зерноочисних машин й обладнання необхідно зупинити їх і відключити напругу. На рубильниках і пускачах вивісити плакат «Не вмикати! Працюють люди» [25].

Дотримання вимог техніки безпеки, виробничої гігієни та санітарії, пожежної безпеки відображено у плані організаційно-технічних заходів, спрямованих на покращання умов праці трудового колективу [44].

Стосовно виконання пунктів плану заходів з охорони праці, можна сказати, що, в основному, вони виконуються, але не на такому рівні, який передбачається. Організаційні заходи включають проведення інструктажів з новими працівниками, в яких наводять приклади порушення техніки безпеки і наслідки цих порушень, які приводять до травматизму. В зв'язку з нестачею коштів деякі заходи, пов'язані з переобладнанням вентиляції в господарстві, не виконуються.

Паспортизація санітарно-технічного стану робочого місця

Один із варіантів моніторингу умов праці можна представити у вигляді паспортизації робочого місця на відповідність дотримання вимог охорони праці з розрахунками коефіцієнтів нормозабезпеченості, небезпеки від кожного фактора умов праці і від усіх діючих на цьому робочому місці шкідливих виробничих факторів.

Основними завданнями паспортизації є:

- виявлення на робочому місці шкідливих і небезпечних виробничих чинників та причин їх виникнення;
- визначення стану основних елементів виробничих приміщень;
- визначення показників стану безпеки праці;

- визначення нормативних і фактичних значень шкідливих і небезпечних факторів виробничого середовища;
- визначення стану умов праці шляхом проведення лабораторно-інструментальних досліджень;
- розроблення заходів щодо поліпшення умов праці.

Як результат паспортизації необхідно заповнити карту умов праці, в яку вписують шкідливі та небезпечні виробничі фактори, що виникають при виконанні технологічного процесу на об'єкті, що досліджується.

Паспортизація санітарно-технічного стану є складовою частиною атестації робочих місць, яка проводиться не рідше одного разу на 5 років. На кожне типове робоче місце складається карта умов праці, в яку заносяться трудові, санітарно-гігієнічні, технічні фактори безпеки [46, 47].

Пропозиції щодо поліпшення стану охорони праці

Виробничі приміщення в господарстві побудовані відповідно до вимог технічних процесів. Проте, в даний час спостерігається порушення норм. Зокрема, у зерносховищі №2 не працює система вентиляції. Тому, потрібно відремонтувати і налагодити цю систему.

Крім того, для забезпечення безпечних умов праці обслуговуючого персоналу в господарстві необхідно привести в належний стан санітарно-побутові приміщення.

Для забезпечення пожежної безпеки необхідно обладнати лампочки ковпаками, проходи повинні сприяти безперешкодній евакуації обслуговуючого персоналу. Відповідальність за проведення цих заходів необхідно покласти на директора господарства.

Для забезпечення успішного виконання виробничого процесу в господарстві проводяться різноманітні заходи по покращенню здоров'я і умов праці працівників. Ці заходи є одним із головних обов'язків, які повинні вирішувати і виконувати керівники господарства і спеціалісти, кожен стосовно своєї специфіки. Щоб ці заходи втілювались в реальність, спеціалісти господарства по можливості, з урахуванням фінансового стану,

використовують сучасні засоби безпеки і забезпечують санітарно-гігієнічні умови, що попереджують професійні захворювання.

Для поліпшення існуючого рівня охорони праці треба внести такі пропозиції:

- покращити стан санітарно-побутових приміщень;
- більш ретельно дотримуватись техніки безпеки при роботі з тваринами та обладнанням;
- організувати проходження щорічного медичного огляду працівниками господарства;
- створити блискавко-захисні споруди та контур захисного заземлення.

РОЗДІЛ 5

БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

ПОП «Вікторія» розташоване в південному регіоні Баштанського району Миколаївської області, Новобузької територіальної громади, у селі Станційне. Відстань від господарства до обласного центру – м. Миколаїв становить 100 км.

Система цивільного захисту (ЦЗ) в господарстві організована згідно до Кодексу цивільного захисту України. Начальником цивільного захисту ПОП «Вікторія» є керівник господарства Лагодієнко В. З метою запобігання надзвичайних ситуацій в господарстві створений план цивільного захисту на мирний час. У плані передбачені такі заходи:

1. дотримання пожежної безпеки на території господарства;
2. створення запасів кормів та води;
3. забезпечення населення і робітників засобами колективного, індивідуального та медичного захисту [49].

Лаборант відповідно до галузевих норм безкоштовної видачі спецодягу та засобів індивідуального захисту (ЗІЗ) забезпечується:

- костюмом бавовняним з пилонепроникної тканини (ДСТУ ГОСТ 12.4.141:2003);
- шоломом бавовняним з пилонепроникної тканини;
- черевиками шкіряними;
- рукавицями бавовняними;
- респіратором;
- у холодну пору року – курткою на утеплювальній прокладці.

Засоби індивідуального захисту:

- 1) під час роботи в хімічній лабораторії необхідно одягати халат з бавовняної тканини;
- 2) при виконанні робіт, пов'язаних з виділенням отруйних газів та пилу, для захисту органів дихання застосовують респіратори або протигази та інші засоби захисту;
- 3) при роботі з їдкими та отруйними речовинами додатково застосовуються фартухи, ЗІЗ очей та рук;
- 4) для захисту рук від дії кислот, лугів, солей, розчинників застосовуються гумові рукавички.

На рукавичках не повинно бути порізів, проколи та інші ушкодження. Перед тим як одягнути рукавички, слід посипати їх зсередини тальком. Для захисту очей застосовуються окуляри різних типів, щитки, маски [50, 51].

Конституцією України закріплені права кожної людини на працю в умовах, що не загрожують її життю і здоров'ю, що відповідають усім вимогам безпеки і санітарним нормам. Але, незважаючи на докладені зусилля роботодавців, на проведення заходів щодо поліпшення умов праці, вдосконалення оснащення, забезпеченості засобами індивідуального захисту, що проводяться інструктажі, рівень виробничого травматизму має дуже високий показник як в окремо взятих регіонах, так і в цілому по країні. Високий рівень виробничого травматизму і пов'язані з ним соціально

економічні наслідки сьогодні становлять серйозну проблему. На виробництві травми виникають внаслідок непередбаченої дії на робітника небезпечного виробничого фактору при виконанні ним трудових обов'язків [7].

Усі приміщення лабораторії мають відповідати вимогам пожежної безпеки за ГОСТ 12.1.004-91 та мати засоби пожежогасіння.

Лабораторія по оцінці зерна оснащена пожежними кранами із пожежними рукавами. У кожному робочому приміщенні в наявності вогнегасники та пісок, а в приміщеннях з вогнебезпечними та легкозаймистими речовинами – додаткові засоби пожежогасіння.

У лабораторії на видному місці вивішений план евакуації працівників у разі виникнення пожежі. На території господарства знаходиться 2 ємкості для збереження води, яку використовують для тушіння пожежі.

Усі працівники лабораторії навчені правилам поведінки з вогне- та вибухонебезпечними речовинами, газовими приладами, а також вміють користуватися протигазом, вогнегасником та іншими засобами пожежогасіння, що є у приміщенні лабораторії.

Усі нагрівальні прилади повинні встановлені на термоізолюючих підставках. Забороняється експлуатація несправних лабораторних та нагрівальних приладів.

Кожен співробітник лабораторії, який помітив пожежу, задимлення або інші ознаки пожежі зобов'язаний:

- негайно викликати пожежну частину;
- вжити заходів щодо обмеження поширення вогню та ліквідації пожежі;
- повідомити начальника лабораторії, який у свою чергу повинен сповістити співробітників, вжити заходів для їх евакуації та ліквідації пожежі.

Усі приміщення лабораторії мають відповідати вимогам електробезпеки під час роботи з електроустановками за ГОСТ 12.1.019-79.

Все електрообладнання з напругою вище 36 В, а також обладнання та механізми, що знаходяться під напругою, надійно заземлені. Для відключення електромереж на входах є рубильники. З метою запобігання отриманню

травми електричним струмом забороняється:

- працювати на несправних електричних приладах та установках;
- перевантажувати електромережу;
- переносити та залишати без нагляду включені електроприлади;
- працювати поблизу відкритих частин електроустановок, торкатися ним;
- захищувати проходи до електричних пристроїв [56, 57].

При роботі з токсичними речовинами необхідно бути гранично уважним та акуратним, вміти надавати першу медичну допомогу.

Сірчана кислота відноситься до речовин підвищеного класу небезпеки, які здатні викликати хімічні опіки та отруєння. Необхідно уважно стежити за тим, щоб реактиви не потрапляли на обличчя, руки та одяг. Не ходити по лабораторії з концентрованою кислотою та наливати тільки у відведеному для цього місці. Розливати кислоту тільки при включеній вентиляції в витяжній шафі. Для приготування розчину кислот слід пам'ятати, що приливати воду до кислоти забороняється. Розлиті кислоти необхідно негайно засипати піском, нейтралізувати і після цього проводити прибирання. При попаданні на шкіру кислоти треба змити її великою кількістю води, а потім 3-5% розчином питної соди або розведеним розчином аміаку [59].

Гідроксид натрію може залишати на тканинах опіки, розчиняючи білки з утворенням лужних альбумінатів. При попаданні розчину або пилу на шкіру і особливо на слизові оболонки утворюється м'який струп. При попаданні на шкіру треба провести обмивання ураженої ділянки струменем води протягом 10 хвилин, потім примочки з 5% розчину оцтової кислоти. При попаданні в очі – ретельне негайне промивання струменем води [67].

Борна кислота використовується у водних розчинах та присипках, добре проникає через пошкоджену шкіру, викликаючи при цьому тяжке отруєння. Індивідуальний захист: захист органів дихання, очей та шкіри від дії пилу [46].

Про кожен нещасний випадок працівник зобов'язаний повідомити змінного майстра або начальника підприємства, зберігаючи по можливості обстановку на робочому місці та стан обладнання таким, яким воно було в

момент події, якщо це не загрожує здоров'ю та життю оточуючих та не призведе до аварії.

При виникненні надзвичайних ситуацій оповіщення населення здійснюватиметься шляхом передачі інформації по телефонній мережі.

Надзвичайні ситуації на території господарства можуть виникнути від впливу стихійних лих: ураганів, буревіїв, снігових заметів, ожеледиці, паводків, епідемій, епізоотій, степових пожеж та ін., тому захист людей, тварин, води, водних джерел, запасів кормів від впливу уражаючих факторів є одним із головних завдань цивільного захисту господарства [51].

Для організації робіт щодо ліквідації наслідків стихійних лих утворюються комісії з надзвичайних ситуацій, які діють в області, районі і на об'єкті як на постійній основі, так і у випадку виникнення НС. До їх функцій належить забезпечення постійної готовності до дій аварійно-рятувальних служб, контроль за розробкою та реалізацією заходів із запобігання можливим аваріям і катастрофам. Усі завдання з ліквідації наслідків НС виконуються згідно планів ЦЗ у максимально короткі терміни.

Серед заходів, спрямованих на зменшення наслідків від стихійного лиха, важливу роль займають підготовка й навчання населення, організація роботи рятувальних служб, створення відповідної інфраструктури, евакуація населення із районів стихійного лиха.

Перша медична допомога постраждалим внаслідок виникнення надзвичайної ситуації надається силами медпрацівників сільської амбулаторії та фельдшерсько-акушерської допомоги, а також в порядку само- і взаємодопомоги. Ветеринарну допомогу сільськогосподарським тваринам надають ветеринарні лікарі господарства.

РОЗДІЛ 6

ОХОРОНА ДОВКІЛЛЯ

На природне середовище України дедалі більше впливає господарська діяльність людини. Особливо значний цей вплив у густонаселених районах з розвинутою промисловістю, де екологічна небезпека – ймовірність зруйнування середовища проживання людини – особливо загрозлива.

Особливу тривогу викликає забруднення сільськогосподарських угідь хімічними речовинами. Повільно проводяться роботи щодо збереження раніше створених полезахисних смуг, особливо у степовій та лісостеповій зонах, де залишилося лише 50% полезахисних насаджень.

Найбільшої гостроти й актуальності набуває проблема охорони водних ресурсів, на що витрачається близько 60% усіх державних коштів, що виділяються на охорону довкілля.

Природоохоронні заходи передбачають скорочення втрат води, насамперед під час зрошення, а також за рахунок будівництва і введення в дію

об'єктів очищення стічних вод. Однак проблема ще далека від розв'язання. Деякі підприємства, особливо чорної металургії, хімії та нафтохімії, вугільної, харчової та інших галузей промисловості очищають не всю використану воду. У південних районах України розташовано багато оздоровчих закладів. Проте у зв'язку з частими аварійними скиданнями в море господарсько-побутових стічних вод у приморських містах періодично складається напружена ситуація внаслідок забруднення морської води і пляжів [58].

В Україні кількість шкідливих речовин, які викидаються в повітря, останнім часом скоротилася. Однак у багатьох містах ці викиди і досі дуже великі.

ПОП «Вікторія» знаходиться в Баштанському районі Миколаївської області. Через територію міста Новий Буг проходить Одеська залізниця.

Стан забруднення та основні напрями охорони довкілля в господарстві наведено в таблиці 15.

Таблиця 15

**Стан забруднення та основні напрями охорони довкілля в господарстві
ПОП «Вікторія»**

Показник	Одиниця виміру	По району	В середньому по області	у % від середнього по області
1. Кліматичні показники:				
1.1. Середня багаторічна температура січня	°С	-3,9	×	×
1.2. Середня багаторічна температура липня	°С	+22,9	×	×
1.3. Середня багаторічна сума опадів	мм/рік	420-460	×	×
2. Демографічні показники:				
2.1. Чисельність населення	тис. осіб	31,5	518,8	6,07
2.2. Щільність наявного населення	осіб на 1 км ²	25	47,9	52,2
3. Складові екологічної мережі:				
3.1. Загальна площа екологічної мережі	тис.га	0,021	0,44928	4,67

4. Забруднення:				
4.1. Обсяги викидів забруднюючих речовин в атмосферне повітря	тис. т	0,221	25,694	0,86
4.2. Кількість сміттєзвалищ	кількість	13	368	3,53
4.3. Загальна площа сміттєзвалищ	га	25,7	573,8	4,48
4.4. Кількість непридатних пестицидів	т	0	185,48	×
5. Радіологічна обстановка:				
5.1. Радіаційний фон	мЗвт/год	0,11	×	×
5.2. Питома активність техногенного цезія-137	Бк/кг	10,54	×	×
5.3. Питома активність техногенного стронція-90	Бк/кг	1,88	×	×
5.4. Питома активність природного радія-226	Бк/кг	13,21	×	×

На 1 грудня 2019 р. в області, за оцінкою, проживало 1119,9 тис. осіб. В Баштанському районі, де розміщено дане господарство, чисельність населення становить 36,5 тис. осіб, що складає 3,26% населення Миколаївської області. Щільність наявного населення в Баштанському районі на 1 км² становить 21 особа.

За особливостю природних умов територія області належить до степової зони. Клімат помірно-континентальний з м'якою малосніжною зимою і жарким посушливим літом. Пересічна температура січня – -4,5°C, липня – +22,2°C. Річна кількість опадів коливається від 330 мм на півдні до 450 мм на півночі області. Висота снігового покриву 9-11 см. Природні та кліматичні умови області сприятливі для інтенсивного високоефективного розвитку сільського господарства [22].

В даному господарстві впроваджені заходи, щодо санітарної охорони ґрунту: загальні – впровадження сівозмін, правильний обробіток ґрунту, застосування мінеральних, органічних добрив; спеціальні – приведення в порядок старих скотомогильників. Також обладнана лагуна зберігання гною перед його утилізацією (органічні добрива на поля).

Сівозміни – головна ланка системи землеробства і господарства, на їх основі намічають програму добрива полів, захисту рослин, насінництва, обробки ґрунтів, визначають комплекс необхідних машин, витрати грошово-матеріальних засобів і праці, пов'язують систему лісосмуг, протиерозійних заходів, доріг, зрошування й осушення, з кормовиробництвом [9, 70].

Одним із важливих заходів відтворення і підвищення родючості ґрунтів є внесення органічних добрив, завдяки яким у ґрунт надходить 35-40% поживних речовин. Для забезпечення бездефіцитного балансу гумусу необхідно щороку вносити органічні добрива [34].

В межах району розташований Регіональний ландшафтний парк «Приінгульський», метою створення якого є збереження в природному стані ділянки долини р. Інгулу з її типовими та унікальними природними комплексами (фрагментами цілинного степу, гранітними відслоненнями, водотоками та лісовими насадженнями). На території району розташовано автомобільні шляхи «Дніпропетровськ - Миколаїв» та «Одеса – Вознесенськ - Новий Буг». Через м. Новий Буг проходить Одеська залізниця. Радіаційний фон Баштанського району Миколаївської області – 0,11 м³вт/год, питома активність техногенного цезія-137 – 10,54 Бк/кг, питома активність техногенного стронція-90 – 1,88 Бк/кг, питома активність природного радія-226 – 13,21 Бк/кг [9].

2019 року в атмосферне повітря області зі стаціонарних джерел забруднення до атмосфери надійшло 12,072 тис. тон, що на 7,8 % (1026 тон) менше забруднюючих речовин порівняно з 2018 роком.

Масштаби забруднення території України та за її межами визначається кількістю та складом радіонуклідів, що були поширені у довкіллі внаслідок існування багатоденного джерела викиду радіоактивних речовин. Радіаційний аварійний фон порівняно із 1986 роком зменшився у сотні разів. Вжиті контрзаходи та процеси самоочищення природного середовища призвели до зменшення вмісту радіонуклідів в об'єктах навколишнього середовища, в продукції сільського господарства. А це, в свою чергу, зумовило зменшення

доз зовнішнього та внутрішнього опромінення населення. Радіаційний фон Баштанського району Миколаївської області – 0,11 м³Вт/год, питома активність техногенного цезія-137 – 10,54 Бк/кг, питома активність техногенного стронція-90 – 1,88 Бк/кг, питома активність природного радія-226 – 13,21 Бк/кг [58].

У складі різнотрав'я області переважають лучно-степові види. Цілинні степи містять варіації підзональних рослинних угруповань – типові степи, петрофільні угруповання на оголеннях скельних породах. Справжні степи представлені різнотравно-типчакowo-ковилowymi, типчакowo-ковилowymi та їх кам'янистими різновидами.

Рішенням Миколаївської обласної ради № 5 від 18.09.2019 року створено шість нових ландшафтних заказників місцевого значення загальною площею 1614,23 га.

Через електронну систему надання адміністративних послуг e-eco.gov.ua здійснюється реєстрація декларацій про відходи.

На узбережжі моря у межах Миколаївської області з 23 зсувів активізація у 2018 році зафіксована на 15 зсувах (65 %); кількість зсувів у природному стані - 14, з них проявляє активність 12-80 %. Крім того, на території області повільно розвивається процес підтоплення. Це пов'язано з наявністю великих плоских безстічних вододільних просторів, які характеризуються дуже низькою природною дренажістю, ускладнені численними балками і ярами, а в південно-східній і південній частинах - подами і западинами. Ще одним з основним і найбільш небезпечних та дестабілізуючим факторів екологічної ситуації на ландшафтах, що призводить до забруднення та замулення (струмків, річок, ставків, тощо) є ерозія ґрунтів. Загальна площа розповсюдження склала 8200,0 км², що складає 33,3% ураженості регіону [22, 58].

ВИСНОВКИ

1. Визначено точність вимірювання вологості зерна, використовуючи різні методи. Доведено, що застосування аналізаторів зерна СЕШ-3М, Infratec 1241 та GAC 2100 значно оптимізує процес визначення вологості.

2. В ході дослідження було визначено доречність використання аналізаторів Infratec 1241 та GAC 2100 для визначення якості зерна. В результаті досліджень вологості встановлена різниця між показниками значень вологості досліджуваних партій, встановленої за допомогою різних приладів, в середньому вологість пшениці досліджуваних партій знаходилась в межах 11,49...11,96% (СЕШ-3М), 11,78...12,30% (Infratec 1241) та 11,86...12,03% (GAC 2100). За вологістю усі досліджувані проби зерна входять в межі допустимих норм згідно стандарту.

3. За отриманими результатами виявилось, що у порівнянні зі стандартизованою методикою визначення вологості (СЕШ-3М, термогравіметричний метод), обидва аналізатори зерна Infratec 1241 та GAC 2100 завищують значення показників вологості на усіх дослідних партіях.

Через це застосування таких приладів може знизити довіру учасників торгових операцій.

4. Застосування GAC 2100 для визначення вологості ячменю є недоцільним, оскільки він завищує цей показник на 2,3%. Infratec 1241 показав доволі стабільні результати, тому його використання значно полегшить і пришвидшить визначення вологості.

5. Використання термогравіметричного методу (СЕС-3М) визначення вологості може виступати контролем при виникненні спірних питань, оскільки він вимагає високих витрат часу, енергії та кваліфікованого персоналу для проведення аналізу.

6. Визначено масову частку білка в зерні пшениці за допомогою методу К'ельдаля. Середнє значення вмісту білку в партії 1 становило 12,43%, що перевищувало показники другої партії на 0,19%, третьої на 1,0% та четвертої на 0,26%.

7. Метод К'ельдаля, не зважаючи на трудомісткість та тривалість процесу, є загально визнаним методом визначення білка і найчастіше використовується як еталонний для калібрування та налаштування інших методів визначення масової частки білка та приладів для експрес-аналізу.

8. Спектран ІТ (метод інфрачервоної спектроскопії) може використовуватися для визначення вмісту білку в зерні пшениці в тих випадках, коли аналіз необхідно провести швидко або в польових умовах, при цьому зберігається висока точність, повторюваність, надійність результатів вимірювань.

9. Комплексний вантажообіг господарства ПОП «Вікторія» становить 160,113 т. Рівень рентабельності проведення експертизи якості зерна дорівнюватиме 90,7 %.

ПРОПОЗИЦІЇ

1. Використовувати при оцінці якості зерна господарства аналізатори СЕШ-3М, Infratec 1241 та GAC 2100, що значно оптимізує процес визначення вологості.
2. Для визначення вологості зерна кукурудзи краще застосовувати дієлькометричний метод з використанням приладу GAC 2100, оскільки він виконує аналіз точніше і швидше на 0,5 хвилини у порівнянні з Infratec 1241.
3. В якості контрольного методу визначення вологості зерна в господарстві використовувати термогравіметричний метод (СЕШ-3М).
4. При ІЧ-спектроскопічному аналізі зерна пшениці доцільно використовувати оптимальну довжину оптичного шляху кювети 18 мм, що дозволяє аналізувати зразки пшениці, що сильно відрізняються.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Аналіз показників якості зерна. URL : <https://ukrbukva.net/page,3,95054-Analiz-pokazateleiy-kachestva-zerna.html> (дата звернення 09.10.2021).
2. Аналізатор суцільного зерна «Інфратек 1241». URL : <https://www.olis.com.ua/ukr/analizator-celnogo-zerna-infratek-1241.html> (дата звернення: 12.10.2021).
3. Белок и протеин в зерне и зерновых культурах. URL : <https://soctrade.ua/otrasli-primeneniya/selhozprodukcija/zernovye/belok-protein/> (дата звернення 17.10.2021).
4. Бегун В.В. Безпека життєдіяльності: Навчальний посібник/ В.В. Бегун, І.М. Науменко. Київ : 2004. 328 с.
5. Визначення білка методом К'ельдаля. URL : <https://apk.hlr.ua/obektyi-isledovaniya/zerno/belok/opredelenie-belka-metodom-keldalya/> (дата звернення 27.10.2021).

6. Влагомер зерна GAC 2100 высокоточный лабораторный. URL : <https://analit-standart.uaprom.net/p3983190-vlagomer-zerna-gac.html> (дата звернення 17.10.2021).
7. Вишняков Д. С. Запобігання професійним захворюванням і виробничому травматизму – запорука підвищення конкурентоспроможності підприємства / Д. С. Вишняков // Участь молоді у розбудові агропромислового комплексу України: 32-ї студентської науково-теоретичної конференції, 18-20 березня 2020 р., Миколаїв. Миколаїв : МНАУ, 2020, С. 71-74. URL : <http://dspace.mnau.edu.ua/jspui/handle/123456789/7022>.
8. Влажность зерна. Методы измерения. Анализаторы: веб-сайт. URL: https://www.russkayaferma.ru/stati/vlazhnost_zerna_metody_izmereniya_analizatory/ (дата звернення: 12.10.2021).
9. Вплив способів основного обробітку ґрунту та систем удобрення на урожайність пшениці озимої / О. А. Саюк та ін. *Вісник Полтавської державної аграрної академії*. 2018. № 4. С. 80-84.
10. Гаватюк Л. С., Пілат А. К. Удосконалення системи управління рентабельністю як умова ефективного функціонування підприємств. *Вісник Хмельницького національного університету*. 2020, №2. С. 47-50. DOI : [10.31891/2307-5740-2020-280-2-7](https://doi.org/10.31891/2307-5740-2020-280-2-7).
11. Галенко О. І. Розвиток світового ринку зерна: проблеми і тенденції. *Агросвіт*. 2017. № 10. С. 24-29.
12. Глеваський В.І. Технологія зберігання та переробки продукції рослинництва: Методичні вказівки до виконання практичних робіт для студентів агробіотехнологічного факультету за кредитно-модульною системою навчання / В.І. Глеваський.-Біла Церква, 2014. 133 с.
13. Голуб К. Ю., Заболотний О. В. Способи компенсації «сортової невизначеності» дієлькометричних вологомірів. *Вісник Національного І університету "Львівська політехніка". Автоматика, вимірювання та керування*. 2015. № 821. С. 105-113.
14. ГОСТ 13586.5-2015 Зерно. Метод визначення вологості. 2015, 10 с.

15. ГОСТ 10846-91 «Зерно і продукти його переробки. Метод визначення білку».
16. Гуліда Е.М. Вплив пожежного ризику на величину збитків від пожежі в приміщеннях різних об'єктів. // Пожежна безпека: збірник наукових праць ЛДУ БЖД. 2016. №28. С. 36-42. 24.
17. Д'яконов В.І., Кусов О.В., Фесенко Г.В., Білим П.А., Миронович В.В. Оцінка пожежного ризику для споруд виробничого призначення. // Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства ім. П. Василенка. 2014. вип. 148. С. 514-519.
18. ДСТУ 4117:2007 Зерно і продукти його переробки. Визначення показників якості методом інфрачервоної спектроскопії (ДСТУ 4117:2007 Cereals and cereal products. Determination of quality parameters by infrared spectroscopy method). 2007. 9 с.
19. ДСТУ ГОСТ 29144:2009 Зерно и зернопродукты. Определение влажности (базовый контрольный метод) (ДСТУ ГОСТ 29144:2009 (ИСО 711-85) Cereals and cereal products. Determination of moisture content (Basic reference method)). 2009. 8 с.
20. ДСТУ 3768-2019 «Пшениця. Технічні умови». Київ : Держспоживстандарт України, 2019. 14 с.
21. ДСТУ EN ISO 19353 (EN ISO 19353:2016, IDT, ISO 19353:2015, IDT) Безпечність машин. Запобігання пожежі та протипожежний захист.
22. Екологічний паспорт Миколаївської області. URL : [1631168384.pdf](https://mk.gov.ua/1631168384.pdf) (mk.gov.ua) (дата звернення 03.11.2021).
23. Загальна характеристика зернових культур. URL : [1603453257.docx](https://live.com/1603453257.docx) (live.com) (дата звернення 07.11.2021).
24. Закон України «Про зерно та ринок зерна в Україні» від 04.08.2002 р. № 37-IV. URL : <http://zakon.rada.gov.ua/cgi-bin/laws/main.cgi> (дата звернення 01.11.2021).

25. Зацеркляний М.М. Утворення пилу на підприємствах галузі хлібопродуктів і зменшення пиловиділення.//Науково-технічний журнал «Техногенно-екологічна безпека». 2018. №3(1). С. 16-20.

26. Защепкіна Н. М., Наконечний О. А., Жиляков Д. В., Харченко М. І. Удосконалення засобів визначення оптичних характеристик зерна пшениці із застосуванням електромагнітного випромінювання в ближній інфрачервоній області спектру. *Вісник Хмельницького національного університету. Технічні науки*. 2017. №4(251). С. 137-146.

27. Інструкція про ведення обліку й оформлення операцій із зерном і продуктами його переробки на хлібоприймальних та зернопереробних підприємствах. URL : <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z1111-08#Text> (дата звернення 09.10.2021).

28. ISO 712:2009 «Cereal and cereal products – Determination of moisture content. Reference method. Визначення умісту вологи в зерні та зернопродуктах».

29. ISO 7970:2011 Пшениця. Загальні технічні умови». Національний стандарт України.

30. Івах Р., Дорожовець М., Питель І. Систематизація методів вимірювання вологості сипких матеріалів. *Вимірювальна техніка та метрологія*. 2003. № 62. С. 97-101.

31. Інфрачервона спектроскопія. URL : [https://kc.pnu.edu.ua/wp-content/uploads/sites/11/2021/02/L-2 Spectroskopy.pdf](https://kc.pnu.edu.ua/wp-content/uploads/sites/11/2021/02/L-2_Spectroskopy.pdf) (дата звернення 07.10.2021).

32. Курепін В. М. Особливості системи управління охороною праці в аграрних підприємствах: економічні аспекти розвитку. *Modern Economics*. 2021. № 29 (2021). С. 107-114. DOI: [https://doi.org/10.31521/modecon.V29\(2021\)-17](https://doi.org/10.31521/modecon.V29(2021)-17).

33. Курепін В. М. Управління розвитком кадрового потенціалу підприємств аграрного профілю / В. М. Курепін // Сучасні тенденції розвитку фінансових та інноваційно-інвестиційних процесів в Україні : матеріали

IV Міжнародної науково-практичної конференції 12 березня 2021 року : збірник наукових праць [Електронний ресурс]. Вінниця: ВНТУ, 2021, С. 730-733. URL : <http://dspace.mnau.edu.ua/jspui/handle/123456789/8907>.

34. Курлов В., Фесенко Г., Поляков А. Підвищення ефективності технічних засобів локального внесення мінеральних добрив при вирощуванні сільськогосподарських культур. *Науковий журнал «Інженерія природокористування»*. 2020. № 1(15). С. 53-58. URL : [https://doi.org/10.37700/enm.2020.1\(15\).53-58](https://doi.org/10.37700/enm.2020.1(15).53-58).

35. Куцевол О. М., Куцевол М. О. Метод контролю вологості зерна. *Збірник наукових праць Вінницького національного аграрного університету. Серія : Технічні науки*. 2011. Вип. 9. С. 156-158.

36. Кушнір Г. В. Характеристика сучасних методів визначення сирого протеїну у кормах та рослинній сировині / Г. В. Кушнір, Т. Р. Левицький, Г. П. Ривак, Л. В. Курилас, О. М. Вільха, Г. Ю. Федор // *Науковий вісник Львівського національного університету ветеринарної медицини та біотехнологій імені С. З. Гжицького. Серія : Ветеринарні науки*. 2017. Т. 19, № 82. С. 97-100. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/nvlnuvmbyn_2017_19_82_22 (дата звернення: 12.10.2021).

37. Лузанов П.А., Жаринов К.А. Исследование влияния конструктивных особенностей БИК-анализатора зерна на точность измерений // *Датчики и системы*. 2006. №8. С. 49-52.

38. Мельник С. Методи визначення показників якості продукції рослинництва. 2016. №540. С. 8-11

39. Методы калибровки БИК- обзор простыми словами: веб-сайт. URL: <https://labreaktiv.ru/novosti/metody-kalibrovki-bik-obzor-prostymi-slovami/> (дата звернення: 12.10.2021).

40. Методи оцінки якості зерна (насіння) різного цільового призначення. Визначення вологості зерна: веб-сайт. URL: <http://dspace.knau.kharkov.ua/jspui/bitstream/123456789/105/4/Розділ%201.Мето>

[ди%20оцінки%20якості%20зерна.Теми%201-6.pdf](#) (дата звернення: 12.10.2021).

41. Метод найменших квадратів. URL : http://www.geol.univ.kiev.ua/lib/zhukov_n_n/МС_5-6.pdf (дата звернення 17.10.2021).

42. Методика оцінки якостей зерна продовольчих сортів. URL : http://4ua.co.ua/agriculture/rb3ac69a5d43a88421216c36_1.html (дата звернення 09.10.2021).

43. Множинна лінійна регресія. URL : <https://uk.earnmoneyfromhometoday.com/multiple-linear-regression-mlr-definition> (дата звернення 17.10.2021).

44. Мовчан І.О, Гуліда Е.М. Вибір моделі визначення пожежного ризику для об'єктів господарювання. //Науковий вісник ЛНТУ України. 2012. вип. 22.13. С. 364-370.

45. Монохроматор. Измерительное и испытательное оборудование для лабораторий, производства, телекоммуникаций: веб-сайт. URL: <http://ate-m.by/wiki/term/monokhromator/> (дата звернення: 12.10.2021).

46. НАПБ А.01.001-2014. Правила пожежної безпеки в Україні.

47. НАПБ В.01.057-2006/200. Правила пожежної безпеки в агропромисловому комплексі України.

48. Наконечний О.А., Жиляков Д. В. Удосконалення методів контролю оптичних характеристик цільного зерна пшениці із застосуванням ближнього інфрачервоного спектру. «Технічна творчість»: Зб. наук. праць / Хмельницький: ХНУ, 2017. №6. С. 53-56.

49. Основи охорони праці : змістовий модуль № 3. «Основи виробничої безпеки». Тема № 9. «Загальні вимоги безпеки. Електробезпека» : конспект лекції / уклад. В. М. Курепін. Миколаїв : МНАУ, 2021. 36 с. URL : <https://dspace.mnau.edu.ua/jspui/handle/123456789/9873>.

50. Основи охорони праці: змістовий модуль № 4. «Основи пожежної безпеки». Тема № 10. «Основи пожежної профілактики на виробничих

об'єктах»: конспект лекції / уклад. В. М. Курепін. Миколаїв : МНАУ, 2021. 45 с. URL : <https://dspace.mnau.edu.ua/jspui/handle/123456789/9874>.

51. Охорона праці в галузі: змістовий модуль № 1. Нормативно-правові акти охорони праці. Тема 2. Правове регулювання організації охорони праці в Україні: конспект лекції / уклад. В. М. Курепін. Миколаїв: МНАУ, 2021. 21 с. URL : <https://dspace.mnau.edu.ua/jspui/handle/123456789/9912>.

52. Панков С.А., Борзенко А.Г. Использование ближней инфракрасной спектроскопии для анализа зерна пшеницы. *Вестник Московского университета. Сер. 2. Химия*. Т. 47. № 3. 2006. С. 174-176.

53. Паспорт «Аналізатор суцільного зерна Інфратек 1241». 2016. 10 с.

54. Паспорт «Шафа сушильна СЕШ-3М». 2018. 7 с.

55. Правильне зберігання зерна в зернохранилищі. URL : <https://ambarexport.ua/blog/storage-of-grain> (дата звернення 09.10.2021).

56. Про охорону праці : Закон України від 14 жовтня 1992 року № 2694-ХІІ. URL : <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2694-12> (дата звернення 15.10.2021).

57. Радіонов М. О., Марченко Д. Д., Курепін В. М. Визначення основних напрямів профілактики травматизму на підприємствах сільського господарства. *Вісник аграрної науки Причорномор'я*. 2019. Вип. 1(101). С. 111-117. DOI : [10.31521/2313-092X/2019-1\(101\)](https://doi.org/10.31521/2313-092X/2019-1(101)).

58. Регіональна доповідь про стан навколишнього природного середовища в Миколаївській області. URL : [1603453257.docx \(live.com\)](https://1603453257.docx). (дата звернення 07.11.2021)

59. Статистика пожеж та їх наслідків в Україні за 2013-2016 роки: Статистичний збірник аналітичних матеріалів. За загальною редакцією В.С. Кропивницького. Київ : УкрНДІЦЗ, 2018. 100 с.

60. Станкевич Г.Н. Современное состояние рынка зернохранилищ. // *Зернові продукти і комбікорми*. 2010. №3. С. 34-40.

61. Стретович О.А. Тенденції роботи зернопереробних підприємств України.// *Економіка харчової промисловості*. т. 8. вип. 4. 2016. С. 46-50.

62. Спектран ІТ. URL : <http://altex.od.ua/UA/spektran-it.php> (дата звернення 27.10.2021).

63. Тези доповідей 49-ої наукової конференції молодих дослідників ОНПУ магістрів «Сучасні інформаційні технології та телекомунікаційні мережі». Одеса: ОНПУ, 2014, вип. 49. С.88.

64. Теоретична сутність понять економічна ефективність та ефективність діяльності. URL : <http://www.economy.nayka.com.ua/?op=1&z=2765> (дата звернення 05.10.2021).

65. Храпкіна В. В., Борецька Е. Т. Сучасні методи стимулювання праці. *Modern Economics*. 2021. № 27 (2021). С. 214-219. DOI : [https://doi.org/10.31521/modecon.V27\(2021\)-30](https://doi.org/10.31521/modecon.V27(2021)-30).

66. Шафа сушильна СЕШ-3М. URL : <https://shop.gpsgeometer.com/ua/products/shafa-sushilna-sesh-3m> (дата звернення 05.10.2021).

67. Фесенко О.О., Лисюк В.М. Проблеми пожежної безпеки зерносушарок. // Матеріали VII Всеукраїнської науково-практичної конференції з міжнародною участю «Надзвичайні ситуації: безпека та захист». Черкаси: ЧПБ ім. Героїв Чорнобиля НУЦЗ України. 2017. С. 73-74.

68. Чепелюк А. О. Порівняльна характеристика методу визначення вологості зерна в сушильній шафі СЕШ-3М з експрес методом за допомогою вологоміра РМ450 // Студентський науковий вісник [МНАУ]. Сільськогосподарські науки. 2020. Вип. 2 (15). С. 277-282.

69. Як калібрувати аналізатор зерна і для чого потрібні стандартні зразки ? Укragротест – забезпечення єдності вимірювань: веб-сайт. URL: <https://ukragrotest.com.ua/uk/blog/kak-otkalibrovat-analizator-zerna/> (дата звернення: 12.10.2021).

70. Ясінецька І. А., Кушнірук Т. М., Додурич В. В. Теоретичні основи еколого-економічного обґрунтування сівозмін та впорядкування угідь. *Таврійський науковий вісник*. 2019. № 110. С. 207-212. ч.1 DOI : <https://doi.org/10.32851/2226-0099.2019.110-1.26>.

71. Ercan T., İsmail B. Establishing Near Infra Red Spectroscopy (NIR) Calibration for Starch Analysis in Corn Grain. *Kocatepe Veterinary Journal*. № 12(1). 2019. P. 7-14.
72. Ibatullin, I.I., Melnik, Yu.F., Otchenachenko, B.B. (2015). Praktikum z godivli silskohospodarskich tvarin: navchalnii posibnik. Praktikum z godivli silskohospodarskich tvarin: navchalnii posibnik. Kiev (in Ukrainian).
73. Infratec™ 1241. URL : https://altima.plus/uk/product/infratec_1241 (дата звернення 17.10.2021).
74. Busenko, O.T., Stolyk, B.D., Mogilnii, O.I. (2015). *Technologia virobniztva produkcii tvarinniztva: Pidruchnik*. K.: Vischa osvita (in Ukrainian).
75. Cassells J.A., Reuss R., Osborne B.G. and Wesley I.J. Near infrared spectroscopic studies of changes in stored grain // *J. Near Infrared Spectrosc.* 15 (3), 161-167 (2007).
76. DSTU ISO 5983:2003. *Kormi dla tvarin (2005). Vznachenna vmistu azotu i obchislenna vmistu sirogo bilka. Metod Kjeldahla (ISO 5983: 1997, IDT)*. Kiev, Derzhspozhyvstandard Ukraini (in Ukrainian).
77. Kostenko, B.M., Panko, B.B., Sirovatko, K.M. (2008). *Praktikum z godivli silskohospodarskich tvarin. Chimichnii sklad, ozinka pozhivnosti ta yakosti kormiv. Chastina I*. Vinniza: RVB VDAO (in Ukrainian).
78. Near-infrared spectroscopy: Applications in the grain industry / C.B. Singh et al. CSBE Paper No. 06-189. The Canadian Society for Bioengineering. Winnipeg. 2006. 12 P.
79. GOST R 54390-2011. *Producti pizhevii (2013). Opredelenija obzheho sodержanija azota putem sziganija po medodu Duma i raschet sodержanija belka. Chast 2. Zernovii, bobovie i molotie zernovie producti (ISO/TS 16634.2: 2004)*. Moskva, Standardinform (in Russian).
80. Bekker, Yu. (2009). *Spektroskopija*. M.: Technosphere (In Russian).
81. Sadchikova, N.P., Arzamastsev, A.P., Titova, A.V. (2008). *Sovremennoe sostojanie problem primenenija IK-spectoskopii v pharmazevticheskom analize lekarstvennikh sredstv. Khimiko-Pharmacevtichnii zurnal*. 8, 26-30 (In Russian).

82. Scheeren, T.W., Schober, L.P., Schwarte, L.A. (2012). Monitoring tissue oxygenation by near infrared spectroscopy (NIRS): background and current applications. *Journal of Clinical Monitoring and Computing*. 26(4), 279-287.

ДОДАТКИ

Додаток А

УДК 658.562.61

ВИМІРЮВАННЯ ВОЛОГОСТІ ЗЕРНА ЗА ДОПОМОГОЮ ВИКОРИСТАННЯ СТАНДАРТИЗОВАНИХ І ЕКСПРЕС-МЕТОДІВ

В. В. Вовчек, здобувач вищої освіти СВО «Магістр»,
vikavovchek99@gmail.com

Науковий керівник – ас. Люта І. М.

Миколаївський національний аграрний університет

У статті викладено результати досліджень впливу різних методів вимірювання вологості зерна на точність отриманих результатів, проведено їх порівняльну характеристику. Доведено доцільність використання експрес-методу визначення вологості зерна.

Ключові слова: вологість зерна, сушильна шафа, експрес-метод, аналізатор зерна, проба.

Постановка проблеми. Вологість зерна є однією з найбільш важливих характеристик його якості. За параметром вологості можна встановити кількісну частку поживних речовин в зерні, а також визначити тривалість його зберігання. Якщо вміст води в зерні перевищує встановлену норму, то зерно починає швидко псуватися, а кількість корисних речовин в ньому різко зменшується. Через надмірну вологість активізуються небажані фізичні і хімічні процеси, які призводять до негативних результатів. Все це є наслідком значних економічних збитків, таких як:

- набухання та проростання зерна;
- розщеплення високомолекулярних біополімерів;
- зменшення натури (маси зерна на 1 літр);
- активізація ферментів (процеси бродіння);
- зниження сипкості та підвищення вразливості від механічних пошкоджень;
- швидкий розвиток паразитів - мікробів, кліщів, шкідливих комах [6].

Якщо зерно залишається надмірно вологим довгий час, це призводить до неможливості його обробки та подальшого зберігання. Навіть якщо вологість не надто перевищує допустиму норму, істотно знижується вихід зерна, а також страждає на якість продукції, виготовленої з нього. Саме тому так важливим є точне визначення вологості зерна в лабораторних умовах, що проводиться різними методами. Тому доцільно буде використовувати методи, які дають точні значення необхідних параметрів [5].

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Сучасні ринкові умови розвитку сільського господарства вимагають від підприємств, що входять у виробничий цикл переробки зерна оптимізації процесу приймання і розподілу зерна всередині підприємства, мінімізації можливих втрат, пов'язаних з простоям машин, а також прийманням неякісної продукції. Дуже важливий також аспект збереження якості зерна, недопущення змішування зерна різної якості. Зростає попит покупців зерна на найвищу якість зерна внаслідок величезного тиску з боку виробників продуктів харчування, їх власних конкурентів на ринку зерна та глобалізації зернової галузі. Стандартизовані методи, як правило, засновані на проведенні хімічних реакцій, що призводять до руйнування зразка, виконуються вручну, достатньо трудомісткі і вимагають великої кількості часу для проведення аналізу. Тому для підприємств необхідні методи експрес-контролю, засновані на сучасних і швидких методах аналізу. Зернова промисловість потребує автоматизованих, економічних та швидких засобів оцінки якості зерна [4].

Дослідженням сучасних методів вимірювання вологості зерна та їх вдосконаленням в останні роки займається багато вітчизняних дослідників, а саме Куцевол О.М, Куцевол М.О., Защепкіна Н. М., Голуб К. Ю. та інші [2].

При використанні експрес-приладів для визначення таких показників зерна як вологість, вміст білку, вміст сирової клейковини важливою є точність аналізу. Більшість підприємств, що приймають зерно мають аналізатори зерна з різними принципами роботи таких брендів як Pertern (Inframatic 9500,

8800, Швеція), Foss (Infratec 1241, Infratec Nova, Данія), DICKEY-john (GAC 2100, США), Bruins instruments (Agricheck, Infracheck, Німеччина). Тому актуальним є порівняння результатів вимірювань показників якості зерна, зокрема вологості, за допомогою стандартизованої методики (термогравіметричний метод) та аналізаторів зерна [4, 7].

Постановка завдання. Метою роботи було провести аналіз впливу технологічних параметрів різних методів визначення вологості зерна на отриманий результат та порівняти їх.

Матеріали і методика досліджень. Дослідження були проведені у ПОП «Вікторія» Баштанського району Миколаївської області. Вимірювання вологості проводилося в один і той же час, але різними методами. Матеріалом для проведення досліджень виступало зерно пшениці, ячменю та кукурудзи врожаю 2020 року.

Обчислення показників визначали за загальноприйнятою методикою. Фізико-хімічні показники визначали відповідно стандартних методик [4]. Для опрацювання матеріалів досліджень були використані базові методики варіаційної статистики [5].

Визначали показники вмісту вологи пшениці, ячменю та кукурудзи за допомогою сушильної шафи (СЕШ-3М) та експрес-методом (Infratec 1241) (дата останньої повірки і калібровки – 16.11.2019). Значення вологості змінювались у межах технологічних норм у всіх варіантах згідно затвердженої типової інструкції до державного стандарту ГОСТ 13586.5-93[1].

Результати досліджень. Аналізатор зерна Infratec 1241 визначає пропускання зразків в ближньому ІЧ діапазоні, що дозволяє одночасно і точно вимірювати кілька компонентів в зразках цільного (не розмолотого) зерна. Вимірювання засноване на тій обставині, що основні компоненти зерна, наприклад, протеїн, вода, жир і інші, поглинають електромагнітне випромінювання в ближньому ІЧ-діапазоні. Аналізатор зерна Infratec 1241 вимірює поглинання ІЧ-випромінювання, пропущеного через матеріал зразка, тому відпадає необхідність у підготовці зразків.

Після обробки вбудованим комп'ютером результат виводиться на дисплей і може бути роздрукований на принтері (якщо той приєднаний) [4].

Шафа сушильна СЕШ-3М призначена для сушки зерна, зернопродуктів, насіння бобових і олійних культур, а також інших вологомістких речовин при визначенні вологості.

Шафа СЕШ-3М застосовується в лабораторіях елеваторів, хлібоприймальних, борошномельних, круп'яних, комбікормових, хлібопекарських підприємств та науково-дослідних установ АПК [8].

Принцип дії сушильної шафи СЕШ-3М заснований на рівномірному висушуванні проби за допомогою повітряного потоку, (повітряно-тепловий метод), що створюється відцентровим вентилятором і нагрівальними елементами, і обертового столу з пробами [3].

Кожна відібрана проба проходила визначення вологості за всіма передбаченими методиками у такій послідовності: спочатку у Infratec, потім

після подрібнення проводили дослідження за СЕШ. Це дозволило отримати максимально-достовірні результати.

Визначення проводилось по 2 рази на кожному з аналізаторів, за результат аналізу приймалось середнє значення 2-х вимірювань.

Допустиме відхилення результатів двох паралельних визначень не повинно перевищувати 0,2% [1].

Допустиме відхилення результатів визначення вологості термогравіметричним методом (стандартизована методика) та іншими методами за допомогою засобів вимірювальної техніки для зерна пшениці не повинно перевищувати 0,5%, а для кукурудзи – 0,7% [1].

Результати проведення дослідження були оформлені у вигляді таблиць (табл. 1-4).

Таблиця 1

Визначення вологості зерна пшениці

Проба	СЕШ	Експрес-метод (Infratec)	Розходження
1	10,7	10,8	0,1
2	10,9	11,0	0,1
3	12,0	11,9	-0,1
4	11,2	11,1	-0,1
5	11,0	11,1	0,1
6	11,8	11,9	0,1
7	10,4	10,5	0,1
8	11,2	11,2	0,0
9	10,8	10,8	0,0
10	11,6	11,6	0,0

Проаналізувавши дані визначення вологості зерна пшениці в таблиці 1, можна зробити такий висновок, що за експрес-методом та сушильною шафою значної різниці значень не спостерігається, в деяких зразках (проба №8, №9, №10) її взагалі немає.

Таблиця 2

Визначення вологості зерна кукурудзи

Проба	СЕШ	Експрес-метод (Infratec)	Розходження
1	15,4	15,2	-0,2
2	15,8	15,9	0,1
3	14,2	14,4	0,2
4	13,8	14,0	0,2
5	15,5	15,6	0,1
6	17,4	17,6	0,2
7	16,8	16,6	-0,2
8	18,0	17,9	-0,1
9	17,8	17,7	-0,1
10	14,0	14,1	0,1

За показниками визначення вологості зерна кукурудзи експрес-методом та за допомогою сушильною шафи в таблиці 2 спостерігається в середньому розбіжність значень 0,1-0,2, що входить в межі допустимого відхилення згідно стандарту.

Таблиця 3

Визначення вологості зерна ячменю

Проба	СЕШ	Експрес-метод (Infratec)	Розходження
1	11,3	11,3	0,0
2	11,5	11,6	0,1
3	10,9	10,8	-0,1
4	11,2	11,3	0,1
5	12,0	11,9	-0,1
6	12,1	12,2	0,1
7	13,0	12,9	-0,1
8	10,8	10,8	0,0
9	10,4	10,5	0,1
10	11,5	11,4	-0,1

За отриманими показниками вологості зерна ячменю (табл. 3) було встановлено, що аналізатор зерна Infratec 1241, у порівнянні зі стандартизованою методикою визначення вологості за допомогою СЕШ, дає мінімальну розбіжність їх значень, а в пробі № 1 та №8 результати є ідентичними.

За отриманими показниками вологості виявилось, що аналізатор зерна Infratec 1241 у порівнянні зі стандартизованою методикою (СЕШ) визначення вологості, дещо завищує значення вологості зерна дослідних пшениці та кукурудзи, результати значення вологості ячменю були однаковими (табл. 4).

Таблиця 4

Показники вологості зерна по різних видам культур, %, $M \pm m$

Метод	Пшениця, n=10	Кукурудза, n=10	Ячмінь, n=10
СЕШ-3М	11,16±0,166	15,87±0,474	11,47±0,506
Infratec 1241	11,19±0,159	15,90±0,424	11,47±0,506

З таблиці 4 видно, що серед використаних методик визначення вологості зерна, обидва методи є досить точними і дають майже однакові результати, але поступаються один одному лише у термінах виконання. Термогравіметричний метод (СЕШ) є найбільш точним, але і найдовшим серед досліджуваних. Час проведення аналізу вологості ячменю та пшениці даним методом складає не менше 1 години 10 хвилин, а для визначення вологості кукурудзи взагалі не менше 1,5 години. При прийомці зерна цей метод є економічно не вигідним і може застосовуватись лише у якості контрольного при виникненні суперечливих питань. При аналізі ячменю доцільніше застосовувати прилад

Infratec 1241, принцип дії якого заснований на спектроскопії ближньої інфрачервоної області.

Висновки та перспективи подальших досліджень. В ході дослідження було визначено доречність використання у лабораторіях з якості зерна аналізатору Infratec 1241. За отриманими результатами виявилось, що у порівнянні з контрольним термогравіметричним методом відповідно до ГОСТ 13586.5-9, Infratec 1241 показав доволі стабільні результати, розбіжність у значеннях була мінімальною та відповідала допустимим відхиленням, тому його використання є доцільним, що значно полегшить і пришвидшить визначення вологості.

Оскільки, зважаючи, що метод з сушильної шафою є трудомісткий, і його краще використовувати для уточнення даних і калібрування автоматичних приладів, застосування експрес-методу вирішить проблему економічної ефективності підприємства, адже зараз зернова промисловість потребує автоматизованих, економічних та швидких засобів оцінки якості зерна, тому кращим варіантом буде використання експрес-методу, який в свою чергу зможе забезпечити всі ці аспекти без впливу на точність показників вимірювання.

Список використаних джерел

1. ГОСТ 13586.5-93 Зерно. Метод определения влажности [Дата введения 1995-01-01]. М.: ИПК Издательство стандартов, 2001. 6 с.

2. Георгієва Є.І. Технологічні особливості дослідження якості зерна пшениці на експорт/ Студентський науковий вісник випуск 1 (13). Миколаїв, 2019. С.48-54.

3. Защепкіна Н. М., Наконечний О. А., Жиляков Д. В., Харченко М. І. Удосконалення засобів визначення оптичних характеристик зерна пшениці із застосуванням електромагнітного випромінювання в ближній інфрачервоній області спектру. *Вісник Хмельницького національного університету. Технічні науки.* 2017. №4(251). С. 137-146.

4. Куцевол О. М., Куцевол М. О. Метод контролю вологості зерна. Збірник наукових праць Вінницького національного аграрного університету. Серія : Технічні науки. 2011. Вип. 9. С. 156-158.

5. Методи оцінки якості зерна (насіння) різного цільового призначення. Визначення вологості зерна: веб-сайт. URL: <http://dspace.knau.kharkov.ua/jspui/bitstream/123456789/105/4/Розділ%201.Методи%20оцінки%20якості%20зерна.Теми%201-6.pdf> (дата звернення: 12.10.2020).

6. Шафа сушильна лабораторна чи вологомір зерна? // [Електронний ресурс]. - Режим доступу: <https://akustika-plus.uaprom.net/a305692-shafa-sushilnalaboratorna.html>.

7. Мельник С. Методи визначення показників якості продукції рослинництва. 2016. №540. С. 8-11.

8. Ercan T., İsmail B. Establishing Near Infra Red Spectroscopy (NIR) Calibration for Starch Analysis in Corn Grain. *Kocatepe Veterinary Journal*. № 12(1). 2019. P. 7-14.

V. Vovchek. MEASUREMENT OF GRAIN MOISTURE WITH THE USE OF STANDARDIZED AND EXPRESS METHODS

The results of researches of influence of various methods of measurement of humidity of grain on accuracy of the received results are stated in the article, their comparative characteristic is carried out. The expediency of using the express method for determining grain moisture has been proved.

Key words: grain moisture, drying cabinet, express method, grain analyzer, sample.