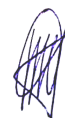


МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ОДЕСЬКА НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ

ПЕНАКИ АННА АНДРІЇВНА



УДК 633.11–021.465:631.563.4–027.236(043.5)

**ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ФОРМУВАННЯ ТА ОЦІНКИ
ЯКОСТІ ПАРТІЙ ПШЕНИЦІ РІЗНОГО ПРИЗНАЧЕННЯ**

05.18.02 – технологія зернових, бобових, круп'яних
продуктів і комбікормів, олійних і луб'яних культур (технічні науки)

АВТОРЕФЕРАТ

дисертації на здобуття наукового ступеня

кандидата технічних наук

Одеса – 2021

Дисертацією є кваліфікаційна наукова праця на правах рукопису
Робота виконана в Одеській національній академії харчових технологій
Міністерства освіти і науки України

Науковий керівник: – доктор технічних наук, професор
Станкевич Георгій Миколайович,
Одеська національна академія харчових технологій,
кафедра технології зберігання зерна,
професор кафедри.

Офіційні опоненти: – доктор технічних наук
Верещинський Олександр Павлович,
радник з науково-технічної політики та розвитку ТОВ
«ОЛИС»;

– кандидат технічних наук
Ковальов Михайло Олександрович,
директор ТОВ «Продснаб Преміум».

Захист відбудеться *12 травня 2021 р. о 13⁰⁰* годині на засіданні спеціалізованої вченої ради Д 41.088.01 Одеської національної академії харчових технологій за адресою: 65039, м. Одеса, вул. Канатна, 112, ауд. А-234.

З дисертацією можна ознайомитися у бібліотеці Одеської національної академії харчових технологій за адресою: 65039, м. Одеса, вул. Канатна, 112, ауд. А-234.

Автореферат розіслано *12 квітня 2021 року*.

Вчений секретар
спеціалізованої вченої ради
канд. техн. наук, доцент



Т. І. Нікітчина

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми. З давніх часів одним з основних продуктів, що забезпечує продовольством населення більшої частини світу є пшениця. Україна – потужний виробник пшениці, велика її частина йде на експорт. Конкурентоспроможність продукції на аграрному ринку стає все більш актуальним питанням. За рахунок України вирішується велика продовольча проблема не тільки нашої держави, а й інших держав світу. Проблемним питанням є забезпечення зростаючого попиту на пшеницю, при цьому необхідно забезпечити високу її якість при високому ступеню використання природних ресурсів.

Для раціонального використання наявних зернових ресурсів важливим етапом є правильне формування партій як для власного використання, так і для експорту. Правильно прорахований процес змішування некондиційних за певними показниками партій, правильне визначення показників якості дозволить використати сировину з показниками якості, гіршими за мінімальні необхідні вимоги, а й отримати з цього додатковий прибуток.

Формування партій пшениці з заданими показниками якості з некондиційних за певним показником партій погіршеної якості може бути вирішеним за рахунок етапу формування партій пшениці з різними початковими показниками якості під час переміщення з різних індивідуальних партій пшениці у різному відсотковому співвідношенні.

Аналізуючи вагомість отриманих наукових результатів необхідно зауважити, що питання визначення якості, гармонізації актуальних стандартів з міжнародними, змішування та формування партій потребують подальших досліджень.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами.

Дисертаційна робота виконувалась відповідно до держбюджетної науково-дослідної роботи Проблемної науково-дослідної лабораторії Одеської національної академії харчових технологій за темою 2017-2018 рр. № 6/176-П «Розробка режимів комплексної переробки нових сортів пшениці підвищеної біологічної цінності в зернові продукти, комбікорми і біопаливо» (номер держреєстрації 0117 U 000361) та кафедри технології зберігання зерна за темою 2020 р. № 2/20-ТЗЗ «Дослідження властивостей та технологічних процесів післязбиральної обробки і зберігання різних видів пшениці» (номер держреєстрації 0120 U 002169).

Мета і завдання дослідження. Метою дисертаційної роботи є розробка раціональних методів оцінки та керованого впливу на показники якості та формування партій зерна пшениці різного цільового призначення, що дозволить підвищити ефективність використання зернового потенціалу та зернового фонду.

Для досягнення даної мети було виконано наступні завдання:

- провести аналіз стану ринку зернової продукції України, кількості та якості зерна пшениці різного призначення;
- провести порівняльний аналіз українських і міжнародних стандартів на зерно пшениці та методик визначення показників її якості;
- дослідити показники якості зерна пшениці південних регіонів України, білки клейковинного комплексу та їх фракційний склад;

- дослідити різні методи відмивання клейковини;
- дослідити вплив частки пошкоджених клопом-черепашкою зерен пшениці на величини кількості та якості клейковини;
- дослідити вплив крупності фракцій пшениці на показники їх якості;
- обґрунтувати способи визначення оптимального складу та формування партій пшениці різного призначення;
- розробити рекомендації з формування партій пшениці з заданими показниками якості;
- оцінити економічну ефективність від впроваджених результатів роботи;
- провести апробацію результатів роботи у виробничих умовах.

Об’єкт дослідження – технологія оцінки та формування якості партій пшениці різного цільового призначення.

Предмети дослідження – партії пшениці різних років врожаю з різних регіонів України з різними показниками якості.

Методи дослідження: органолептичні, фізичні, фізико-хімічні.

Наукова новизна одержаних результатів полягає в тому, що:

- встановлено тенденції зміни кількісних та якісних показників якості зерна м’якої продовольчої пшениці залежно від ряду чинників;
- встановлено тенденції зміни показників якості зерна пшениці з південних регіонів України;
- визначена кількісна оцінка однорідності розподілу окремих показників якості у різних класах зерна пшениці;
- визначено вміст та молекулярні маси білкових за розчинністю фракцій зерна пшениці різних класів;
- встановлено вплив різних методів відмивання клейковини пшениці на її кількісно якісні показники;
- встановлено закономірності впливу частки пошкоджених клопом-черепашкою зерен пшениці на кількісно-якісні властивості клейковини;
- встановлено залежність показників якості зерна пшениці від крупності її фракцій;
- встановлено змішувальні властивості зерна пшениці та оцінено прояви синергізму у сформованих з різних класів партій пшениці.

Практичне значення отриманих результатів. На основі отриманих результатів розроблено систему розрахунку отримання партій пшениці з заданими показниками якості з партій пшениці різної крупності, різного цільового призначення та з різними технологічними властивостями, що дозволяє використовувати партії пшениці четвертого класу для отримання партій пшениці з більш високими показниками якості.

Виробнича перевірка показників якості сформованої партії підвищеної якості зерна пшениці продовольчого призначення перевірена та схвалена на ПП «Корунд». Розроблені рекомендації підвищення ефективності формування та оцінки якості партій пшениці різного цільового призначення узгоджені з ТОВ «М.В. Карго»..

Запропонована технологія фракціонування за крупністю пшениці може бути рекомендована до впровадження на хлібоприймальних підприємствах, міні-елеваторах та фермерських господарствах. Технологія формування партій різного цільового призначення може використовуватись на зерно заготівельних, зернопереробних підприємствах та зернових перевантажувальних терміналах при формуванні партій пшениці різного цільового призначення.

Результати роботи можуть бути використані в навчальному процесі при вивченні дисциплін «Зернознавство», «Технологія зберігання та сушіння зерна», «Інноваційні технології галузі з КП», «Науково-дослідна робота студентів» для студентів за спеціальністю 181 – «Харчові технології», які навчаються за навчальними планами бакалаврів та магістрів.

Особистий внесок здобувача. Автор дисертації особисто організував і здійснив аналітичні та експериментальні дослідження в лабораторних умовах, провів аналіз та обробку одержаних результатів, сформулював висновки і рекомендації, підготував матеріали досліджень до публікації, брав участь в апробації результатів та рекомендацій роботи у промислових умовах. Особистий внесок здобувача підтверджено наданими документами та науковими публікаціями.

Дисертація є самостійною роботою автора. Автором було виконано аналітичну та експериментальну роботу, планування та проведення дослідів, проведено аналіз даних з літературних джерел, узагальнено отримані результати, сформовано висновки та рекомендації, підготовлено матеріали досліджень у вигляді публікацій – тез, статей. Особистий внесок дисертанта підтверджується наданими документами і науковими публікаціями. У наукових працях, опублікованих у спів-авторстві, здобувачу належить: постановка експериментів, аналіз отриманих результатів, формулювання висновків.

Апробація результатів дисертації. Основні результати досліджень доповідались, обговорювались та отримали схвалення на 76, 78, 79, 80 наукових конференціях викладачів (Одеса, ОНАХТ, 2016, 2018, 2019, 2020); Всеукраїнських науково-практичних конференціях молодих учених і студентів «Інноваційні технології розвитку у сфері харчових виробництв, готельно-ресторанного бізнесу, економіки та підприємництва: наукові пошуки молоді» (Харків, ХДУХТ, 2016, 2017); IX і XI Міжнародних науково-технічних конференціях «Техника и технология пищевых производств» (Могилів, Білорусь, МГУП, 2017, 2019); II міжнародної науково-практичної інтернет-конференції «Сучасний рух науки» (Дніпро, «WayScience», 2019); Міжнародній науково-практичній конференції «Технології харчових продуктів і комбікормів» (ОНАХТ, 2019).

Публікації. За матеріалами дисертації опубліковано 16 наукових праць: 7 статей, із них 2 – у колективній монографії, 4 – у фахових виданнях України, 1 – у виданні, яке включене до міжнародної наукометричної бази; 9 тез доповідей на наукових та науково-практичних конференціях різного рівня.

Структура та обсяг дисертації. Дисертація складається зі вступу, 4 розділів, загальних висновків, списку використаних літературних джерел з 131 найменування (16 с.) та 6 додатків (15 с). Основний зміст роботи викладено на 123 сторінках, включаючи 21 таблицю та 22 рисунок.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У **вступі** обґрунтовано актуальність та зв'язок роботи з науковими дослідженнями, темами, сформульовано мету, завдання досліджень, наукову новизну та практичне значення даних досліджень у зернозаготівельній промисловості, показано наукову новизну і практичне значення отриманих результатів, наведено дані щодо їх апробації, визначено особистий внесок здобувача в проведених дослідженнях та публікаціях за темою дисертаційної роботи.

У **першому розділі** «Сучасний стан та проблеми вирощування пшениці з заданими показниками якості» проведено аналіз літературних джерел за темою. Розглянуто стан ринку зернових продуктів України, зміни врожайності та обсягів виробництва пшениці, якісних показників якості зерна пшениці. Показано вплив умов вирощування на формування кількісних та якісних показників пшениці. Проведено порівняльний аналіз українських і міжнародних стандартів на зерно пшениці та методик визначення показників її якості. Розглянуті питання формування партій зерна пшениці різного призначення.

У **другому розділі** «Програма, об'єкти та методи досліджень» наведено програму досліджень (рис. 1), які передбачають проведення фізико-механічних, фізико-хімічних досліджень (електрофоретичний розклад білків), вивчення властивостей та поводження певних показників якості при різних умовах. Представлена характеристика (якісні показники) зразків пшениці, що було відібрано для досліджень, наведено методики визначення кожного з показників якості пшениці. Описано методики проведення досліджень.



Рис. 1. Програма досліджень

У третьому розділі «Дослідження впливу різних чинників на показники якості зерна пшениці» наведено результати проведених згідно програми аналітичних та експериментальних досліджень.

На першому етапі роботи було проведено аналітичне дослідження динаміки та трендів виробництва і якості зерна пшениці в Україні за період з 2000 р. до 2019 р, розглянуто динаміку змін посівної площі під пшеницю та частку, яку вона займає від загальної площі під сільськогосподарські культури в Україні. Отримані нами графічні залежності наведено на рис. 2.

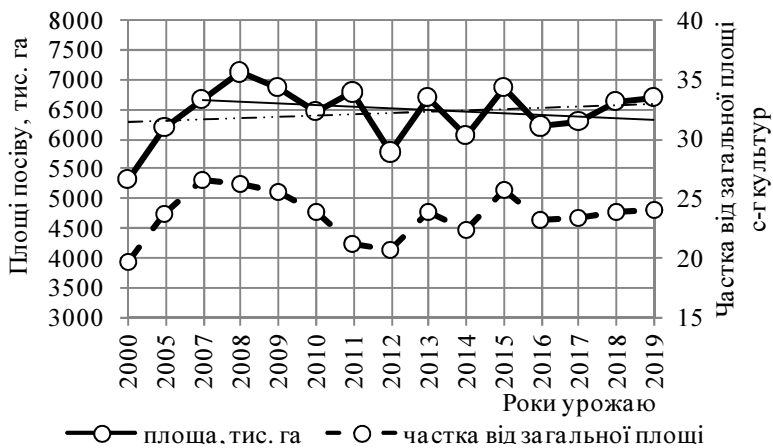


Рис. 2 – Динаміка змін площі посіву пшениці в Україні за 2000–2019 рр. (господарства усіх категорій)

фічні залежності їх змін, наведені на рис. 3.

Спільний аналіз графіків зміни посівних площ пшениці (рис. 2) та змін урожайності і валового збору зерна (рис. 3) показують, що вони не завжди співпадають за характером, тобто збільшення посівних площ під пшеницю не завжди призводить до зростання валового збору зерна і навпаки.

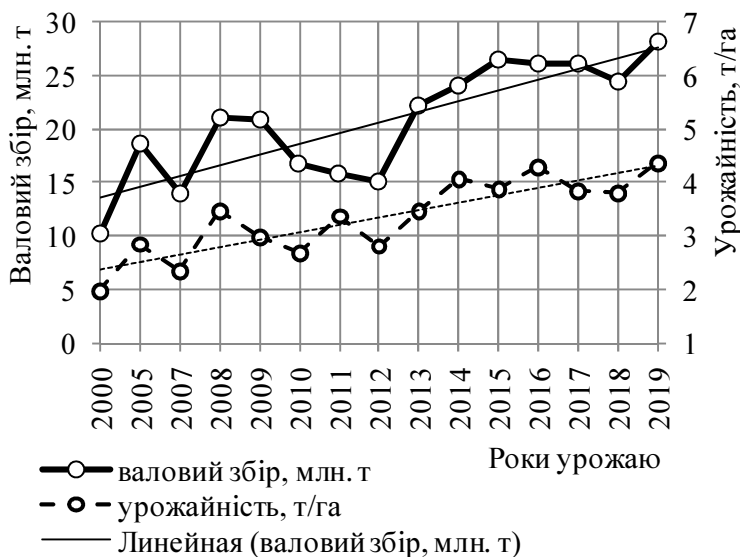


Рис. 3 – Динаміка змін урожайності та валового збору пшениці в Україні за 2000–2019 рр. (господарства усіх категорій)

Аналіз графіків показує, що площі посіву пшениці у період 2000–2019 рр. щорічно безсистемно змінювались у межах від 5316 до 7116 тис. га. Починаючи з 2009 р. спостерігається загальна тенденція до зменшення посівної площі пшениці.

Після аналізу та обробки статистичних та літературних даних стосовно урожайності та валового збору пшениці у 2000–2019 рр. було побудовано гра-

У подальших дослідженнях було проведено аналіз впливу удобрення посівних площ на врожайність зерна пшениці. Отримані нами графіки динаміки удобрення посівних площ та його зв'язок з урожайністю пшениці у 2000–2018 рр. наведено на рис. 4 (дані по внесенню добрив у 2019 р. відсутні). Аналіз графічних залежностей показує, що за 10 років, з 2000 по 2010 р., стрімко упало внесення органічних добрив — з 1,3 до 0,5 тонн на кожен гектар посівної площі. І цей низький рівень органічних добрив був стабільним до 2017 р., а у 2018 р. внесення органіки уже незначно зросло — до 0,6 т/га посівної площі.

2018 р. внесення органіки уже незначно зросло — до 0,6 т/га посівної площі.

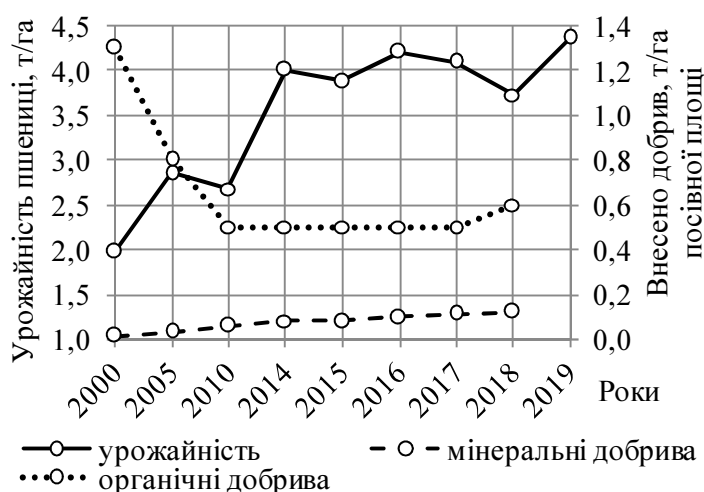


Рис. 4. Динаміка удобрення посівних площ та його зв'язок з урожайністю пшениці у 2000-2018 рр.

(дані з внесення добрив у 2019 р. відсутні)

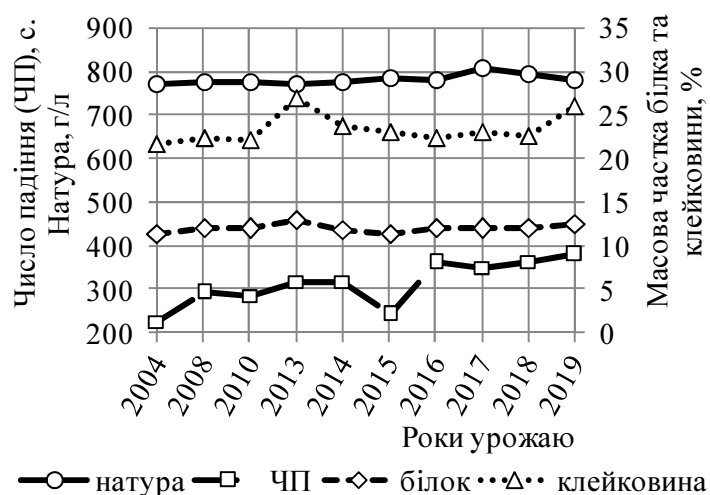


Рис. 5. Динаміка зміни деяких показників якості зерна пшениці 2004-2019 рр. урожаю

Якість зерна визначається сукупністю багатьох властивостей, зокрема, органолептичними (смаком, запахом, кольором), станом за вологістю, ступенем засміченості, зараженості та ін., які залежать від великої кількості факторів.

Використовуючи статистичні, літературні та власні дані з підприємств, нами на наступному етапі досліджень було побудовано графіки (рис. 5) та проведено аналіз змін окремих показників якості зерна пшениці у період 2004–2019 рр.

Аналіз отриманих графічних залежностей, наведених на рис. 5, показав, що у 2004–2019 рр. середня натура пшениці по країні коливалась у межах 770...808 г/л. Однією з проблематичних «зон якості» врожаю 2019 року є низька натура пшениці 4-го класу. Експортні контракти вимагають значень 750...770 г/л на партію. За даними підприємств півдня України у 2019 році спостерігалось надходження окремих партій пшениці з натурою 670 г/л. Такі партії пшениці без відповідної доробки, або змішування з високонатурними партіями не можуть

бути використані ні на продовольчі цілі, ні на експорт.

Пшениця 2004–2019 рр. врожаю відрізняється високим показником числа падіння (ЧП), порівняно з вимогами ДСТУ 3768:2019, який опосередковано свідчить про активність ферменту альфа-амілази пшениці. Цей показник (за виключенням 2004 та 2015р) тримається в межах 292...380 с. Зростання показника ЧП пов'язане з кліматичними умовами та сушінням свіжозібраного врожаю.

Максимальне та мінімальне значення білка у порівнянні з минулими врожаєми дещо коливаються, середнє значення змінилося несуттєво. Все частіше зустрічаються партії пшениці 4 класу зі значенням білка 9,2...10,0 %. Саме у таких партіях найчастіше виявляється велика кількість зерен, пошкоджених клопом-черепашкою, вміст яких наближається до 5...6 %.

Середнє значення показника «клейковина» змінювалося: 21,6...26,9% (рис. 5), причиною чого могли бути агрокліматичні умови, якість посівного матеріалу. Порівняння співвідношення «клейковина – білок» показало, що за розглянутий

період його значення знаходилось у межах 1,8...2,1, що свідчить про нестабільність виходу клейковини по відношенню до вмісту білка.

На наступному етапі досліджень було визначено показники якості зерна пшениці з південних регіонів України, проведена оцінка однорідності розподілу окремих показників якості у різних класах зерна пшениці, визначено вміст білка, білкових за розчинністю фракцій та їх молекулярні маси у зерні різних класів.

Спочатку були визначені основні показники якості зразків зерна пшениці, обраних для досліджень, визначено їх класи (ДСТУ3768:2010). Отримані результати, згруповані за класами та відсортовані у межах класів за зростанням білка, наведено у табл. 1. У цій же таблиці наведено такі статистичні характеристики показників якості як середні арифметичні значення (сер. ар. $\bar{x}_i$), стандартні, або середньоквадратичні, відхилення (ст. відх. S_j) та коефіцієнти варіації (к. вар. V).

Результати досліджень показали, що діапазони зміни показників якості зерна пшениці у південних регіонах України 2016 року врожаю були такими: вологість 9,4...13,5%, натура 731...814 г/л, вміст білка 10,1...13,2%, вміст клейковини 16,4...25,6%, якість клейковини 50...110 одиниць приладу ВДК, число падіння 311...493 с, зернова домішка 1,2...10,5%, пошкоджені клопом-черепашкою зерна 0,1...10,1 %. Натура у всіх зразках пшениці 2...6 класів перевищувала нормативні значення. Понад 50 % пшениці 5 та 6 класів перевищувала нормативні значення для пшениці 3 класу як за вмістом білка ($\geq 11,0\%$) так і за вмістом клейковини ($\geq 18\%$), а за якістю клейковини задовольняли вимогам пшениці 2 класу (45...100 од. приладу ВДК). Число падіння значно перевищувало норму (180 с) навіть для пшениці 2 класу.

Таблиця 1

Основні показники якості зразків пшениці, обраних для досліджень

Номер зразка	Клас	Вологість, %	Натура, г/л	Вміст білка, %	Клейковина		Число падіння, с	Зернова домішка, %	Зерна, пошкоджені клопом-черепашкою, %
					кількість, %	якість, ум. од. прил. ВДК			
1	2	10,9	773	12,7	24,0	50	420	7,6	1,3
2	2	11,2	781	12,9	24,1	80	459	5,6	2,0
3	2	11,3	802	12,9	25,6	75	426	4,6	0,5
4	2	9,4	795	13,2	25,4	70	365	1,2	0,1
5	3	12,1	783	11,3	20,4	75	493	4,4	1,9
6	3	12,4	774	11,6	20,4	75	456	4,8	0,8
7	3	12,6	758	11,7	18,2	100	417	6,9	1,5
8	3	11,4	779	12,3	23,2	80	484	7,3	1,1
9	5	11,4	814	10,8	20,2	110	311	3,2	3,8
10	5	13,2	733	12,1	22,4	95	357	8,0	1,7
11	5	13,5	734	12,4	16,4	110	403	10,5	10,1
12	6	12,6	731	10,1	19,0	100	372	5,5	0,5
13	6	12,1	780	11,2	23,0	105	354	6,6*	2,6
Сер. ар. $\bar{x}_i$		11,8	772	11,9	21,7	87	409	5,3	2,1
Ст. відх. S_j		1,1	26	0,9	2,8	18	55	2,4	2,6
К. вар. $V, \%$		9,1	3,4	7,7	13,1	21	13	45,8	120,4

Примітка: *у зерновій домішці зразка 13 було ще 7 % ячменю.

Встановлено, що однорідність розподілу значень окремих показників якості зерна пшениці у досліджених 13 зразках різних класів з різних підприємств півдня України неоднакова. За коефіцієнтами варіації коливання були такими: вологість, натура та вмісту білка коливались слабо ($V \leq 10\%$), кількість клейковини та число падіння – середньо ($10\% \leq V \leq 20\%$), вміст зернової домішки та зерен, пошкоджених клопом черепашкою, – сильно ($V \geq 20\%$) та іноді перевищувало 120 %. Це свідчить про те, що на різних площах, де вирощували пшеницю, ураженість клопом-черепашкою була дуже різною.

Слід також відмітити, що між вмістом клейковини та білка у досліджених зразках зерна пшениці існує середній кореляційний зв'язок – коефіцієнт кореляції між ними складає 0,59. Залежність видно з рис. 6.

На останньому етапі цих досліджень було розглянуто білки клейковинного комплексу. На основі проведеного гель-електрофорезу показано, що незалежно від загальної кількості білка, визначеної експрес-аналізатором Infratec, білкові фракції клейковинного присутні у всіх класах зерна, молекулярні маси білкових структур основних фракцій знаходяться у невеликих межах, які складають у кДа – для альбумінів і глобулінів 20...30, гліадинів 27...100 та глютенінів 30...35. У сортовій пшениці «Чорноброва» альбуміни і глобуліни мають дещо вищу молекулярну масу (30...40 кДа), ніж у несортів.



Рис. 6. Залежність вмісту білка і клейковини та її якості від класу пшениці у досліджених 13 зразках

Кількість та якість клейковини – ціноутворюючі показники при закупівлі пшениці, тому важливо швидко та достовірно їх визначати в період заготівлі зерна. Пшениця з ідентичним вмістом білка і скловидністю може мати різний вміст і характеристики клейковини. Якість клейковини визначається значенням показника Індекс клейковини, який дозволяє оцінити ступінь пошкодженості зерна погодними умовами, шкідниками зернових культур, неправильним сушінням і т.п.

У міжнародній практиці для визначення кількості і якості клейковини механічним методом використовують прилад Glutomatic 2200 виробництва Perten Instruments (Швеція). В Україні використовують два методи визначення кількості та якості клейковини механічним способом: з використанням сольового розчину та з використанням води.

Нами було проведено порівняльні дослідження з визначення кількості та якості клейковини різними методами. Для досліджень було обрано 20 зразків пшениці врожаю 2018 р., з них: пшениця 2 класу – 7 зразків, пшениця 3 класу – 11 зразків, 5 класу – 1 зразок, 6 класу – 1 зразок. Зразки було обрано в основному продовольчої пшениці, адже згідно з діючим ДСТУ 3768:2010 вміст клейковини для 5-6 класів не обмежений.

Визначення кількості та якості клейковини у зразках пшениці було проведено ручним методом за ГОСТ 13586.1-68. Відмивання клейковини механічним методом проводили на приладі Glutomatic 2200. Якість клейковини визначали за двома показниками: при ручному методі на приладі ВДК; при механічному методі відмивання розчином NaCl та водою на приладі Glutomatic 2200 за показником Індекс клейковини за Пертенем (ІКП).

У обраних 20 зразках пшениці вміст білка був у межах 10,3...14,0 %. Вміст клейковини при цьому коливався відповідно у межах 10,7 до 28,0 % при визначенні ручним методом; 18,1...30,3 % на приладі Glutomatic 2200 з використанням розчину NaCl та 20,2...32,4 % при використанні води, при чому у останньому методі у двох зразках відмити клейковину не вдалося.

На рис. 7 показано експериментальні значення вмісту клейковини, що були визначені різними методами та розрахункові значення (прямі лінії), які отримані узагальнення експериментальних значень лінійними залежностями методом найменших квадратів. При цьому отримано апроксимаційні рівняння для кількості клейковини K залежно від досліджених методів відмивання клейковини:

- для ручного $K_p = -18,39 + 3,313 \cdot B, \quad s = 0,66 \%$;
- для механічного з розчином NaCl $K_{MNaCl} = -15,30 + 3,276 \cdot B, \quad s = 1,02 \%$;
- для механічного з водою $K_{MH_2O} = -17,86 + 3,663 \cdot B, \quad s = 1,30 \%$,

де B – вміст білка, %;

s – середньоквадратичне відхилення, %.

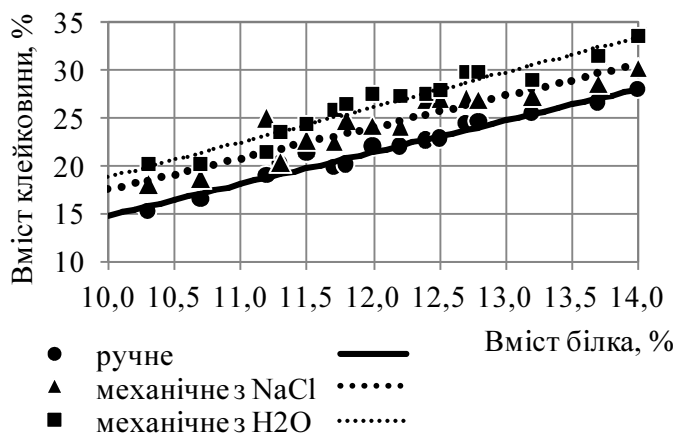


Рис. 7. Порівняння різних методів відмивання клейковини

механічного відмивання водою, отримані значення вмісту клейковини будуть завищені порівняно з ручним методом на 4,01...5,42 % (більша різниця при більшому вмісті білка). Згідно з отриманими нами даними розбіжності при визначенні кількості клейковини механічними способами порівняно з ручним відмиванням більші, ніж межі допустимих відхилень методу, тобто перевищують 2 %.

У досліджуваних зразках зерна визначали також її якість за показником ІДК при відмиванні водою (ручний метод) та показниками ІКП при відмиванні розчином NaCl та водою (механічний метод). Отримані результати значень показників ІДК та ІКП виявились такими, що не підкоряються певним закономірностям їх зміни від вмісту білка. Це видно із графіків, наведених на рис. 8.

З рис. 7 наочно видно збільшення вмісту клейковини зі зростанням вмісту білка. Для всіх методів відмивання клейковини прямі лінії йдуть практично паралельно, на що вказує і близькість між собою коефіцієнтів при B , особливо при ручному методі та механічному з використанням розчину NaCl, що дає змогу перерахунку значень вмісту клейковини, визначеному цими методами — при механічному методі значення будуть завищені від ручного на 2,7 %. У разі використання

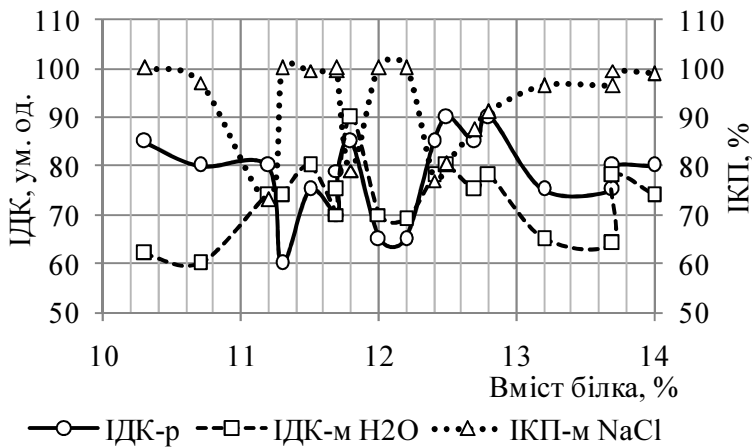


Рис. 8. Залежність показників якості клейковини від вмісту білка і від методів її відмивання

вони менші. Діапазон коливань значень ІДК та ІКП при відмиванні водою був від 60 до 90 ум. од. приладу. Перевищення значень ІДК у при ручному відмиванні клейковини порівняно з ІКП отриманим механічним (з водою) складало від 1...23 ум. од., і лише у 4 випадках було меншим на 5...14 ум. од.

Схожі коливання значень показників якості клейковини відмічені і в механічному методі з відмиванням розчином NaCl. Однак, при цьому значення індексу клейковини за Пертеном (ІКП-м NaCl) знаходяться у діапазоні 73...100 % і значно перевищують індекси деформації клейковини (ІДК).

На базі отриманих результатів досліджень при відмиванні клейковини механічним методом з використанням NaCl отримані результати по показнику ІКП у більшості випадків вищі на 5...10 ум. одиниць, а при відмиванні механічним методом з використанням води отримані результати показують за ІКП більш міцну та пружну клейковину.

До позитивних сторін визначення клейковини ручним методом відноситься підвищена точність за рахунок надійного відмивання клейковини, відсутність контакту лаборанта з хімічними речовинами та незначна вартість методу. Негативні сторони: велика тривалість аналізу (біля 1,5 год.) та наявність людського фактору.

Позитивні сторони визначення клейковини механічним методом: механізованість, мінімальний вплив людського фактору, що дає кращу збіжність результатів у різних лабораторіях. Негативні сторони: не гарантується повне відмивання клейковини; при використанні розчину NaCl відсутнє відлежування для ферментативного розчеплення білків; необхідний значний об'єм дистильованої води (для кожної камери 250...280 см³); велика вартість обладнання.

Сприятливі погодно-кліматичні умови для вирощування зерна є сприятливими для життєдіяльності та розмноження шкідників хлібних запасів, зокрема для шкідливого клопа-черепашки.

У наступній серії досліджень встановлювали закономірності зміни кількості та якості клейковини у залежності від вмісту пошкоджених клопом-черепашкою зерен, що дозволить підвищити ефективність формування партій для подальшого використання. Дослідження проводили на зразках м'якої пшениці 2-3 класів 2015-2018 років врожаїв з різних підприємств Одеської області. Було відібрано 11 зраз-

Однак, деякі висновки все ж можна зробити. З рис. 8 видно, що значення ІДК при ручному методі (ІДК-р) у більшості випадків перевищують значення, отримані при механічному відмиванні водою (ІДК-м Н₂О). Характери хвилеподібних коливань в залежності від вмісту білка у них співпадають, хоча в одних випадках ІДК при ручному методі перевищують значення ІКП, отриманих при механічному методі з водою, а в інших навпаки,

ків з вмістом пошкоджених клопом-черепашкою зерен у діапазоні 0...5,0 % з кроком 0,5 %. З літературних джерел взято інформацію про кількісно-якісні характеристики зерна, пошкодженого клопом-черепашкою за період 2005-2007 рр.



Рис. 9 – Залежність кількості клейковини від вмісту пошкоджених клопом-черепашкою зерен пшениці

у пшениці 2005 року врожаю. У зерні 2006 року врожаю, що містило до 3 % пошкоджених клопом-черепашкою зерен, було найменше клейковини. З графіків видно, що між кількістю клейковини та вмістом пошкоджених клопом-черепашкою зерен, відсутні будь-які закономірності. Наявні коливання кількості клейковини ніяк не залежать від вмісту пошкоджених клопом-черепашкою зерен та вірогідно пов'язані з різним походженням зразків зерна, вирощених у різних агротехнологічних умовах, різним вмістом білка, сортовими особливостями зерна та інших чинників.

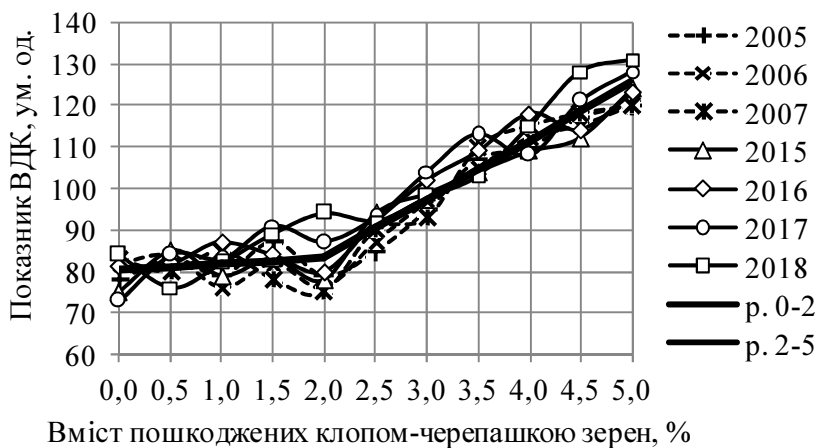


Рис. 10 – Залежність якості клейковини від вмісту пошкоджених клопом-черепашкою зерен пшениці

На основі досліджень були побудовані графіки та проведено їх аналіз. На рис. 9 наведено результати досліджень впливу вмісту пошкоджених клопом-черепашкою зерен на кількість клейковини. На графіках пунктирними лініями зображено зміни кількості клейковини у зерні пшениці врожаю 2005...2007 років. Найбільше клейковини, практично незалежно від вмісту пошкоджених клопом-черепашкою зерен, було

Залежність якості клейковини від вмісту пошкоджених клопом-черепашкою зерен наведено на рис. 10. На графіках, як і на рис. 9, пунктирними лініями зображено зміни якості клейковини у зерні пшениці врожаю 2005...2007 років, а суцільними — у зерні врожаю 2015...2018 років.

З рис. 10 наочно видно узагальнену тенденцію до зростання показника якості

клейковини при збільшенні вмісту зерен, пошкоджених клопом-черепашкою.

На графіках виділяються 2 характерні інтервали з різною інтенсивністю зростання показника якості клейковини в залежності від вмісту пошкоджених клопом-черепашкою зерен: перший з 0 - 2,0 %, другий — 2,0 % - 5,0 %. На кожному з цих інтервалів видно лінійний закон зростання впливу вмісту пошкодже-

них клопом-черепашкою зерен на якість клейковини, причому на першому з них показник якості клейковини ВДК зростає незначно, а на другому він зростає стрімко.

Обробка отриманих даних методом найменших квадратів дозволила описати встановлені зміни якості клейковини залежно від частки пошкоджених клопом-черепашкою зерен такими лінійними рівняннями:

– на інтервалі 0...2,0 % $ІДК = 80,51 + 1,31x$, $s=1,66$ %;

– на інтервалі 2,0...5,0 % $ІДК = 55,40 + 14,02x$, $s=1,72$ %;

де ІДК – якість клейковини, ум. од. приладу ВДК;

x – частка пошкоджених клопом-черепашкою зерен, %.

Середньоквадратичні похибки для першого та другого інтервалів становлять відповідно 1,66 % та 1,72 %, що говорить про задовільну збіжність розрахункових та усереднених за роками експериментальних і літературних даних. Розраховані лінійні залежності зміни якості клейковини зображені на рис. 10 потовщеними лініями, що позначені як «р.0-2» та «р.2...5» для інтервалу з вмістом пошкоджених клопом-черепашкою зерен відповідно 0...2 % та 2...5 %. У точці з вмістом пошкоджених зерен 2,0 % перше та друге рівняння дають однакові результати — 83 ум. од. приладу ВДК.

Отримані рівняння дозволяють прогнозувати зміни показника якості клейковини при вмісті пошкоджених клопом-черепашкою зерен до 5,0 %. При вмісті пошкоджених зерен до 2,0 % швидкість зміни показника якості становить 1,3 ум. од. за кожний відсоток пошкоджених зерен, а при вмісті пошкоджених зерен 2,0...5,0 % вона вища – 14,0 ум. од. за кожен відсоток пошкоджених зерен.

Інтервали варіювання прогнозних значень показника ІДК для вмісту пошкоджених зерен до 2,0 % та 2,0...5,0 % складають відповідно 9,22 та 10,32 од. приладу ВДК.

У розділі 4 «Удосконалення технології формування та оцінки якості партій зерна пшениці різного призначення» наведено результати дослідження показників якості зерна при його фракціонуванні за крупністю та при формуванні експортних партій пшениці.

Таблиця 2

**Показники якості партії пшениці,
яка була використана для фракціонування
за крупністю**

Показники якості	Середнє значення
1. Вологість, %	11,2
2. Натура, г/л	818
3. Маса 1000 зерен, г	39,4
4. Скловидність, %	30
5. Масова частка білка, %	10,8
6. Кількість клейковини, %	17,6
7. Якість клейковини, ум. од. ВДК	79
8. Число падіння, с	401

Вивчення впливу крупності зерна пшениці на окремі показники класовизначальні якості проводили на партії зерна пшениці 5 класу 2017 року врожаю, вирощену на півдні України. Показники якості початкової партії наведено у табл. 2.

Обрану партію зерна за допомогою сит з пробивними продовгуватими отворами було розділено на різні за крупністю фракції, для чого було використано 9 сит з різними розмірами отворів (мм): 3,6×20, 3,0×20, 2,8×20, 2,5×20, 2,2×20, 2,0×20, 1,7×20, 1,2×20, 1,0×20. З сита 3,6х20 мм пшениця пішла

проходом. На ситах з отворами (мм) 3,0×20, 2,8×20, 2,5×20, 2,2×20, 2,0×20, 1,7×20 виділили окремі фракції зерна для досліджень їх якості. Сходом з сита 1,2×20 мм була виділена мінімальна маса зерна. Сходом сита 1,0×20 мм не вдалося виділити необхідну кількість зерна для досліджень. Результати визначеної якості різних за крупністю фракцій наведено у табл. 3.

Таблиця 3

Показники якості різних за крупністю фракцій початкової партії пшениці

Розмір отворів, мм	Вологість, %	Натура, г/л	Масова частка білка, %	Скловидність, %	Маса 1000 зерен, г	Клейковина		Число падіння, с
						кількість, %	якість, ум. од. ВДК	
3,0x20	11,3	822	10,9	33	50,4	18,4	81,1	403
2,8x20	11,3	820	10,8	33	47,4	17,6	77,8	412
2,5x20	11,3	820	10,8	26	37,9	17,6	79,8	402
2,2x20	11,2	796	10,7	29	27,7	17,2	80,5	402
2,0x20	11,1	784	10,7	24	21,6	16,8	78,0	398
1,7x20	10,9	—	10,9	23	16,7	15,6	76,2	380
1,2x20	—	—	—	—	—	16,0	78,5	372

Результати досліджень показників якості окремих фракцій пшениці показали, що зі збільшенням крупності фракцій найбільше зросла маса 1000 зерен — в 3,02 рази. Зростання інших показників було не таким значним (%): скловидності на 43,0; кількості клейковини на 15,0; числа падіння на 8,5; натури та якості клейковини на 4,8. При загальному тренді до зростання показників якості, спостерігались їх незначні коливання, за винятком показника якості клейковини, коливання якого були непередбачуваними. Використовуючи окремі фракції зерна пшениці, при формуванні партій можна корегувати такі показники якості як маса 1000 зерен, скловидність, деякою мірою кількість клейковини та незначно число падіння.

Усі показники якості мають індивідуальне співвідношення з крупністю. Чіткої лінійної залежності змін показників якості пшениці, яка поширювалась би на всі показники немає, адже показники якості зерна пшениці залежать від багатьох факторів: якості насіння при посіві, регіону та агротехнологічних умов вирощування, обробки хімікатами, мінеральними речовинами та інших.

Внаслідок недостачі високоякісної продовольчої пшениці існує необхідність знаходження нових шляхів використання різноякісного зерна пшениці, що дозволило би більш раціонально та ефективно використовувати зібрані врожаї.

Вивчено закономірності зміни та відтворюваності показників якості партій пшениці, сформованих з різної кількості та якості локальних партій 4 класу. На підприємствах галузі з пшениці 2019 року врожаю було відібрано 11 зразків пшениці, віднесених до 4 класу згідно з ДСТУ 3768:2019 за різними показниками якості (як класоутворювальними так і не класоутворювальними). Значення визначених показників якості цих зразків наведено у табл. 4. В ній же наведено норми (вимоги) до значень показників 3-го та 4-го класів, а також напівжирним шрифтом виділені показники якості досліджених зразків, за якими вони віднесені до 4-го класу.

Наступним етапом досліджень було змішування різних зразків у однакових пропорціях та визначення якості отриманих зразків (сформованих партій).

Таблиця 4 – Характеристика показників якості вихідних зразків пшениці 4 класу

Номер зразка	Класоутворювальні показники									Не класоутворювальні
	На-тура, г/л	Воло-гість, %	Зерно-ва до-мішка, %	у т.ч. биті зерна, %	Смітте-ва до-мішка, %	Масова частка білка, %	Масова частка си-рої клей-ковини, %	Якість клейко-вини, од. прил. ВДК	Чис-ло падін дін-ня, с	Зерна, пош-коджені клопом-чере-пашкою, %
	Позначення показників якості зерна									
	<i>H</i>	<i>B</i>	<i>З_д</i>	<i>Б_з</i>	<i>С_д</i>	<i>Б</i>	<i>М_к</i>	<i>Я_к</i>	<i>ЧП</i>	<i>З_{кч}</i>
1	802	13,1	3,92	2,60	0,94	10,7	17,2	95	268	0,4
2	703	9,5	4,12	3,24	0,94	16,1	36,2	74	320	0,6
3	715	12,8	5,00	2,00	0,82	13,1	28,2	87	318	0,5
4	763	12,3	4,88	3,10	1,00	12,4	19,4	112	348	4,8
5	760	12,2	4,78	3,06	1,00	12,3	19,2	117	294	5,2
6	720	12,8	12,20	8,64	0,78	12,6	23,4	84	285	1,2
7	700	14,1	5,00	2,20	1,00	13,8	26,4	89	264	0,7
8	700	13,2	8,40	1,70	1,00	12,1	20,4	79	290	0,8
9	792	13,0	4,06	2,42	0,82	10,4	15,4	92	326	0,2
10	772	12,1	4,16	2,54	0,82	10,9	17,4	97	310	1,2
11	798	13,0	4,30	2,34	0,86	10,2	14,2	83	280	0,4
Класи	Норми за класами									
3-тій	≥730	≤14	≤8	≤5	≤2	≥11	≥18	45...100	≥180	≤2
4-тій	—	≤14	≤15	≤15	≤3	—	—	—	—	—

Для визначення змішувальних властивостей було проведено поетапне змішування різної кількості зразків пшениці 4 класу та співставлення відхилень розрахункових та фактичних значень показників якості з метою дослідження впливу кількості зразків при формуванні партії.

Аналіз наведених даних показав, що кожен з 11 досліджених зразків зерна пшениці не відповідав вимогам до продовольчої пшениці за одним чи кількома окремими показниками якості, більшість же інших показників відповідала її вимогам, що надає можливість шляхом змішування поліпшити якість сформованої суміші та довести її середньозважені показники до вимог продовольчої пшениці, тобто перевести таку партію з 4 до 3 класу. Результати експериментально та розрахунково визначених показників якості отриманої партії показано у табл. 5.

Математично розраховані та практично отримані значення не завжди співпадають (партії № III, IV, V). Коригувати кожен з розглянутих показників можна за рахунок зміни співвідношення кожного із зразків при змішуванні.

Розглянемо різницю у розбіжностях між експериментально та математично визначеними значеннями якості за показниками «якість клейковини» та «зерна, пошкоджені клопом-черепашкою». В усіх сформованих партіях експериментально визначені значення показників якості перевищують розрахункові, що може бути проявом ефекту синергізму. Для якості клейковини це є позитивним, а для кількості зерен, пошкоджених клопом-черепашкою, це буде призводити до погіршення якості сформованої партії. Хоча кількість зерен, пошкоджених клопом-

черепашкою не є класоутворювальним показником за ДСТУ, у контрактних вимогах цей показник чітко регламентується.

Таблиця 5

Показники якості партій пшениці, сформованих з різних зразків пшениці 4 класу

Показники якості	Номери змішуваних зразків та сформованих партій											
	№ 1, 2 (I)		№ 8, 9 (II)		№ 1, 2, 6 (III)		№ 3, 5, 9 (IV)		№ 4, 6, 7, 10 (V)		№ 1...11 (VI)	
	Експе- ри- мент	Роз- раху- нок	Експе- ри- мент	Роз- раху- нок	Експе- ри- мент	Роз- раху- нок	Експе- ри- мент	Роз- раху- нок	Експе- ри- мент	Роз- раху- нок	Експе- ри- мент	Роз- раху- нок
<i>H</i> , г/л	746	750	741	746	734	742	759	756	739	739	741	748
<i>B</i> , %	11,5	11,3	13,2	13,1	11,5	11,8	12,7	12,7	12,8	12,8	12,4	12,5
<i>З_д</i> , %	4,1	4,0	6,8	6,2	7,24	6,75	5,1	4,61	7,02	6,56	5,92	5,53
у т.ч. <i>B_з</i> , %	3,1	2,9	2,3	2,1	5,2	4,83	2,74	2,49	4,38	4,12	3,26	3,08
<i>C_д</i> , %	0,86	0,94	0,92	0,91	0,84	0,89	0,94	0,88	0,98	0,90	0,90	0,91
<i>B</i> , %	13,4	13,4	11,1	11,2	13,1	13,1	11,7	11,9	12,3	12,4	12,1	12,2
<i>M_к</i> , %	26,8	26,7	17,2	17,9	24,8	25,6	19,2	20,9	20,1	21,6	19,9	21,6
<i>Я_к</i> , од. пр. ВДК	87	84	89	85	89	84	107	99	104	95	98	92
<i>ЧП</i> , с	309	294	308	308	287	291	294	313	302	302	314	300
<i>З_{кч}</i> , %	0,6	0,5	0,7	0,5	0,8	0,7	2,1	2,0	2,0	2,0	1,6	1,4
Клас зерна	3	3	4	4	4	3	4	3	4	3	3	3

На останньому етапі роботи було визначено оптимальний склад партій зерна, який відповідає вимогам партії пшениці 3 класу. Розрахунок проведено методом лінійного програмування у середовищі MS Excel з використанням процедури «Пошук рішень». Для цього була складена математичну модель II-ї партії зерна пшениці (з використанням зразків зерна 4 класу № 8 та № 9), яка включала цільову функцію, вимоги до показників якості сформованої партії зерна та ряд інших обмежень, необхідних для коректного розв'язання поставленої задачі.

Оскільки змішування зразків № 8 та № 9 у співвідношенні 1:1 не дозволило через знижений вміст сирової клейковини отримати партію зерна 3 класу, у якості цільової функції обрано вимогу отримання нормованого значення масової частки сирової клейковини (18 %), яка забезпечить якість партії на рівні 3 класу. Однак, для запобігання переходу розрахованої та сформованої партії до нижчого класу за можливих розбіжностей між розрахованими та експериментальними значеннями вмісту клейковини, значення цільової функції було прийнято на рівні 19,0 %.

Таким чином, цільова функція матиме такий вигляд:

$$M_{кII} = (M_{к} \cdot x_8 + M_{к} \cdot x_9) / 100 = (20,4 \cdot x_8 + 15,4 \cdot x_9) / 100 = 19,0; \quad (1)$$

де $M_{кII}$ — масова частка сирової клейковини у сформованій партії, %;

$M_{к8}, M_{к9}$ — масова частка сирової клейковини у зразках № 8 та № 9, % (див. табл. 4);

x_8, x_9 — масові частки зразків відповідно № 8 та № 9 у сформованій партії, %.

На основі табл. 4 вимоги до показників якості у вигляді обмежень, які висуваються до партії пшениці 3-го класу, будуть такими:

$$\left. \begin{aligned}
 H_{II} &= (H_8 \cdot x_8 + H_9 \cdot x_9) = (700 \cdot x_8 + 792 \cdot x_9) \geq 730 \text{ г/л}; \\
 B_{II} &= (B_8 \cdot x_8 + B_9 \cdot x_9)/100 = (13,2 \cdot x_8 + 13,0 \cdot x_9)/100 \leq 14 \%; \\
 Z_{дII} &= (Z_{д8} \cdot x_8 + Z_{д9} \cdot x_9)/100 = (8,4 \cdot x_8 + 4,06 \cdot x_9)/100 \leq 8 \%; \\
 B_{зII} &= (B_{з8} \cdot x_8 + B_{з9} \cdot x_9)/100 = (1,7 \cdot x_8 + 2,42 \cdot x_9)/100 \leq 5 \%; \\
 C_{дII} &= (C_{д8} \cdot x_8 + C_{д9} \cdot x_9)/100 = (1,00 \cdot x_8 + 0,82 \cdot x_9)/100 \leq 2 \%; \\
 B_{II} &= (B_8 \cdot x_8 + B_9 \cdot x_9)/100 = (12,1 \cdot x_8 + 10,4 \cdot x_9)/100 \geq 11 \%; \\
 M_{кII} &= (M_{к8} \cdot x_8 + M_{к9} \cdot x_9)/100 = (20,4 \cdot x_8 + 15,4 \cdot x_9)/100 \geq 19 \%; \\
 Я_{кII} &= (Я_{к8} \cdot x_8 + Я_{к9} \cdot x_9)/100 = (79 \cdot x_8 + 92 \cdot x_9)/100 \geq 45 \text{ од. прил. ВДК}; \\
 Я_{кII} &= (Я_{к8} \cdot x_8 + Я_{к9} \cdot x_9) = (79 \cdot x_8 + 92 \cdot x_9) < 100 \text{ од. прил. ВДК}; \\
 ЧП_{II} &= (ЧП_8 \cdot x_8 + ЧП_9 \cdot x_9)/100 = (290 \cdot x_8 + 326 \cdot x_9)/100 \geq 180 \text{ с}; \\
 Z_{кчII} &= (Z_{кч8} \cdot x_8 + Z_{кч9} \cdot x_9)/100 = (0,8 \cdot x_8 + 0,2 \cdot x_9)/100 \leq 2 \%.
 \end{aligned} \right\} \quad (2)$$

У обмеженнях також було вказано вимогу $(x_8 + x_9) = 100$ та $(x_8, x_9) \geq 0$, що дозволило отримати частки зразків зерна x_8 та x_9 у відсотках та не від'ємними.

Система рівнянь та нерівностей записаної вище цільової функції (1), вимог до показників якості, які записані як обмеження у вигляді нерівностей (2), а також вимог рівності 100 та невід'ємності змінних x_8 та x_9 складають математичний опис (модель) партії зерна пшениці 3 класу. На основі цієї моделі використовуючи процедуру «Пошук рішень» отримали оптимальний склад сформованої партії зерна пшениці 3-го класу: $x_8 = 53,07 \%$, $x_9 = 46,93 \%$.

За цього співвідношення масових часток зразків № 8 та № 9 сформована партія буде мати такі прогнозовані (розрахункові) показники якості:

H , г/л	B , %	$Z_{д}$, %	$B_{з}$, %	$C_{д}$, %	B , %	$M_{к}$, %	$Я_{к}$, од.прил. ВДК	$ЧП$, с	$Z_{кч}$, %
743	13,91	6,61	2,19	0,97	11,94	19,00	85	307	0,53

Тобто сформована партія за всіма показниками якості відповідає вимогам пшениці 3-го класу продовольчого призначення. Враховуючи різницю у цінах пшениці 3 та 4 класів підприємства можуть отримувати додаткові прибутки. За цінами 2020 р. розрахунковий ефект складає 130...160 грн. на кожен тону сформованої експортної партії зерна продовольчої пшениці.

Результати роботи перевірені у виробничих умовах на ПП «Корунд», де з непродовольчої пшениці була сформована партія оптимального складу підвищеної якості. За результатами роботи розроблено рекомендації з підвищення ефективності формування та оцінки якості партій пшениці різного цільового призначення.

ВИСНОВКИ

На основі аналітичних та експериментальних досліджень розроблено раціональні методи оцінки і керованого впливу на показники якості та формування партій зерна пшениці різного цільового призначення, що дозволить підвищити ефективність використання зернового потенціалу та зернового фонду України.

1. За період 2000–2019 рр. встановлено щорічні коливальні тенденції змін більшості показників виробництва зерна в Україні — позитивний до 2008 р. та негативний тренди зміни площ посіву, хвилеподібні зростання врожайності з 1,98 т/га до 4,36 т/га та валового збору пшениці з 10,2 тис. т до 28,2 тис. т. Встановле-

но коливання та погіршення якості зерна за окремими показниками, які складали: натура пшениці 770...808 г/л (у 2019 р. 670 г/л); число падіння 292...380 с; вміст білка 11,3...13,0 % (окремі партії мали 9,2...10,0 %); вміст клейковини 21,6...26,9 %; співвідношення «клейковина – білок» 1,8...2,1; вміст пошкоджених клопом-черепашкою зерен досягав 5...6 %.

2. Показано, що більшість показників якості пшениці, що визначаються за міжнародними методиками перетинаються з вітчизняними. Це – незважаючи на відмінність чарунок сит – ситовий аналіз, розділення на смітну (докедж, не зернові складові) та зернову домішки; натурна маса; визначення білка у більшості країн є класовизначальним. Істотно відрізняється американський стандарт на поділ пшениці за типи і класами за якістю, який здійснюють лише після видалення і визначення вмісту докеджа. Одними з важливих класовизначальних показників в Україні є кількість та якість сирової клейковини, а у міжнародних методиках визначення кількості клейковини не враховується. Згідно з ДСТУ не потребується визначення твердозерності та геометричних розмірів зерна; ІДК ж визначається тільки у деяких країнах колишнього СРСР.

3. Встановлено діапазони зміни показників якості зерна пшениці у південних регіонах України 2016 року врожаю: вологість 9,4...13,5%, натура 731...814 г/л, вміст білка 10,1...13,2%, вміст клейковини 16,4...25,6%, якість клейковини 50...110 одиниць приладу ВДК, число падіння 311...493 с, зернова домішка 1,2...10,5%, пошкоджені клопом-черепашкою зерна 0,1...10,1 %. Натура у всіх зразках пшениці 2...6 класів перевищувала нормативні значення. Понад 50 % пшениці 5 та 6 класів перевищувала нормативні значення для пшениці 3 класу як за вмістом білка ($\geq 11,0\%$) так і за вмістом клейковини ($\geq 18\%$), а за якістю клейковини задовольняли вимогам пшениці 2 класу (45...100 од. приладу ВДК). Число падіння значно перевищувало норму (180 с) навіть для пшениці 2 класу.

Встановлено, що однорідність розподілу значень окремих показників якості у різних класах зерна пшениці неоднакова. За коефіцієнтами варіації коливання були такими : вологість, натура та вмісту білка коливались слабо ($V \leq 10\%$), кількість клейковини та число падіння – середньо ($10\% \leq V \leq 20\%$), вміст зернової домішки та зерен, пошкоджених клопом черепашкою, – сильно ($V \geq 20\%$) та іноді перевищувало 120 %.

4. Встановлено, що незалежно від загальної кількості білка, визначеної експрес-аналізатором Infratec, білкові фракції клейковинного комплексу присутні у всіх класах зерна, молекулярні маси білкових структур основних фракцій знаходяться у невеликих межах, які складають у кДа – для альбумінів і глобулінів 20...30, гліадинів 27...100 та глютенінів 30...35. У сортовій пшениці «Чорноброва» альбуміни і глобуліни мають дещо вищу молекулярну масу (30...40 кДа), ніж у несортів.

5. Встановлено різницю у результатах визначення кількості та якості клейковини різними методами, що може призводити до некоректного визначення класу пшениці. Для розрахунку та порівняння кількості клейковини за вмістом білка залежно від методів відмивання запропоновано лінійні апроксимаційні рівняння, які дають такі середньоквадратичні відхилення: для ручного відмивання $s=0,66\%$,

для механічного з розчином NaCl $s=1,02\%$, для механічного з водою $s=1,30\%$. Показано, що при механічному методі з відмиванням розчином NaCl значення вмісту клейковини будуть завищені від ручного на $2,7\%$, при механічному відмиванні водою порівняно з ручним методом — на $4,01\ldots 5,42\%$ (більша різниця при більшому вмісті білка).

6. Встановлено характер та тенденції зміни якості клейковини в залежності від вмісту пошкоджених клопом-черепашкою зерен. У пшениці з вмістом пошкоджених клопом-черепашкою зерен до $2,5\ldots 2,7\%$ клейковина за показником ІДК відноситься до 2 групи якості (задовільно слабкої), а пшениця класифікується як 1-3 класи. При вмісті пошкоджених зерен $2,7\ldots 5,0\%$, клейковина за якістю стає незадовільно слабкою (3-тя група), а пшениця переходить до 4 класу.

Для прогнозування тенденцій вірогідних значень показників якості клейковини залежно від вмісту пошкоджених клопом-черепашкою зерен, отримано емпіричні залежності та встановлено, що при вмісті пошкоджених зерен до $2,0\%$ показника якості ІДК зростає на $1,3$ ум. од. за кожний відсоток збільшення кількості пошкоджених зерен, а при їх вмісті в діапазоні $2,0\ldots 5,0\%$, показник ІДК збільшується на $14,0$ ум. од. за кожний відсоток зростання пошкоджених зерен. Інтервали варіювання прогнозних значень показника ІДК для вмісту пошкоджених зерен до $2,0\%$ та $2,0\ldots 5,0\%$ складають відповідно $9,22$ та $10,32$ од. приладу ВДК.

7. Встановлено, що фракціонування пшениці за крупністю призводить до змін у них окремих показників якості. При збільшенні крупності зерна найбільше зростає маса 1000 зерен — в $3,02$ рази. Інші показники зростають таким чином (%): скловидність на $43,0$; кількість клейковини на $15,0$; число падіння на $8,5$; натура та якість клейковини на $4,8$. При загальному тренді до зростання всіх показників якості, спостерігаються їх незначні коливання, за винятком показника якості клейковини, коливання якого змінюються випадковим чином. Використовуючи окремі фракції зерна пшениці, при формуванні партій певного цільового призначення можна коригувати такі показники якості як маса 1000 зерен, скловидність, деякою мірою кількість клейковини та незначно число падіння.

8. Встановлено, що при формуванні цільових партій зерна пшениці продовольчого призначення шляхом змішування локальних партій пшениці 4-го класу, зі збільшенням кількості останніх збільшуються розбіжності між розрахунковими та експериментально визначеними показниками якості, хоча вони знаходяться у межах допустимих відхилень за кожним з показників. Виключення складають кількість та якість клейковини, які не підкоряються закону змішування. Для запобігання значних відхилень у бік погіршення якості сформованої партії пшениці необхідно проводити експериментальне уточнення показників якості.

9. Показано, що використання методів лінійного програмування, реалізованих у табличному процесорі Microsoft Excel, дозволяє із непродовольчого зерна пшениці отримати партії оптимального складу продовольчої пшениці підвищеної якості. Це дозволяє за рахунок різниці у їх цінах отримувати підприємствам додаткові прибутки. Розрахунковий ефект за цінами 2020 р. складає $130\ldots 160$ грн. на кожну тонну сформованої партії зерна продовольчої пшениці.

СПИСОК ПРАЦЬ, ОПУБЛІКОВАНИХ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

Статті у наукових фахових виданнях України:

1. Станкевич Г.М., Борта А.В., **Пенаки А.А.** Порівняльні характеристики різних способів відмивання клейковини // Наукові праці [Одеської національної академії харчових технологій]. 2018. Т. 82. Вип. 2. С. 116-122. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/Np_2018_82_2_20. *Внесок здобувача: проведено дослідження різних способів відмивання клейковини в лабораторних умовах, сформульовано висновки, підготовлено статтю до друку.*

2. Stankevych G., Borta A., **Penaki A.** Research of quantitative and qualitative characteristics of gluten of wheat grains damaged by the wheat bug // Зернові продукти і комбікорми, вересень, 2019. Том 19, вип. 3(75). С. 7-12. *Внесок здобувача: проведено визначення кількості та якості клейковини при різній кількості зерен, пошкоджених клопом-черепашикою, сформульовано висновки, підготовлено статтю до друку.*

3. Станкевич Г.М., Борта А.В., **Пенаки А.А.** Дослідження динаміки та трендів виробництва і якості зерна пшениці в Україні на початку третього тисячоліття // Наук. пр. / Одес. нац. акад. харч. технологій. Одеса, 2019. Т. 83(2). С. 4-13. <https://doi.org/10.15673/swonaft.v2i83.1535>. *Внесок здобувача: проведено пошук та обробка інформації щодо вирощування та якості пшениці в Україні, підготовлено статтю до друку.*

4. **Penaki A.**, Borta A. The study of quality indicators and fractional composition of wheat grain protein of southern regions of Ukraine // Зернові продукти і комбікорми, вересень, 2020. Том 20, вип. 4(75). С. 4-10. DOI <https://doi.org/10.15673/gpmf.v20i3.1844> *Внесок здобувача: визначено показники якості початкових партій пшениці, проведено гель-електрофорез білків.*

Статті у наукових фахових виданнях України, включених до міжнародних наукометричних баз даних:

5. Stankevych G., Borta A. **Penaki A.** Improving the quality of export consignments of class 4 wheat intended to be used as food // Food science and technology. 2020. Vol. 14, Issue1. P. 129-138. DOI: <https://doi.org/10.15673/fst.v14i2.1724> *Внесок здобувача: визначення якісних показників партій, отриманих при змішуванні партій, віднесених до 4 класу за різними показниками, підготовлено статтю до друку.*

Статті в інших наукових виданнях України (монографії):

6. Борта А.В., Бошканяну Х.О., ***Ревенко А.А.** Вплив фракційного складу зерна пшениці на показники якості сформованих партій різних класів // Реконструктивний тип адаптування реального сектору економіки та галузевої науки України до умов постіндустріального суспільства: Монографія. Одеса: КП «Одеська міська друкарня», 2017. С. 487-505. *Внесок здобувача: досліджено змішувальні властивості пшениці, сформовано висновки.*

7. Станкевич Г.М., Борта А.В., Кац. А.К., Бабков А.В., Желобкова М.В., Луніна Л.О., **Пенаки А.А.**, Ковра Ю.В. Проблемні питання формування якості та зберігання зерна / // Елеваторна і зернопереробна галузі: ефективні технології та якість: монографія / за ред. Г.М. Станкевича, Д.О. Жигунова, М.Р. Мардар. Одеса: КП «Одеська міська друкарня», 2018. С. 42–73. *Внесок здобувача: проведено пошук та обробку інформації з проблемних питань якості пшениці в Україні, підготовлено статтю до друку.*

Тези наукових доповідей:

8. Борта А.В., Страхова Т.В., ***Ревенко А.А.** Оцінка якості зерна пшениці при формуванні змішаних партій різних класів // Збірник тез доповідей 76 наукової конференції викладачів академії 18-22 квітня 2016 р. С. 30-31. (ОНАХТ) *Внесок здобувача: проведення практичних досліджень та вивчення показників якості партій пшениці, формулювання висновків, оформлення тез, підготовлено матеріали до друку.*

9. Бошканяну Х.О., ***Ревенко А.А.** Вплив фракційного складу на показники якості сформованих партій зерна пшениці різних класів // Інноваційні технології розвитку у сфері харчових виробництв, готельно-ресторанного бізнесу, економіки та підприємництва: наукові пошуки молоді: Всеукр. наук.-практ. конф. молод. учених і студентів, 7 квітня 2016 р.: [тези у 2-х ч.]. Харків: ХДУХТ, 2016. Ч. 1. С. 221. *Внесок здобувача: проведення досліджень - фракціонування партій та вивчення показників якості отриманих партій, формулювання висновків, підготовлено матеріали до друку.*

10. ***Ревенко А.А.**, Бошканяну Х.О. Формування партій зерна пшениці підвищеної якості. // Інноваційні технології розвитку у сфері харчових виробництв, готельно-ресторанного бізнесу, економіки та підприємництва: наукові пошуки молоді: Всеукр. наук.-практ. конф. молод. учених і студентів, 7 квітня 2016 р.: [тези у 2-х ч.]. Харків: ХДУХТ, 2016. Ч. 1. С. 245. *Внесок здобувача: дослідження змішувальних властивостей партій пшениці, формулювання висновків, підготовлено матеріали до друку.*

11. Борта А.В., Станкевич Г.Н., Бошканяну К.А., ***Ревенко А.А.** Повышение качества партий зерна пшеницы при фракционировании // Техника и технология пищевых производств: Тезисы докл. XI Междунар. научно-техн. конф. 20-21 апреля 2017 г., Могилев /Учрежд. образования «Могилевский госуд. ун-т продовольствия»; редкол.: А.В. Акулич (отв. ред.) [и др.]. Могилев: МГУП, 2017. С. 97. *Внесок здобувача: проведення досліджень з фракціонування пшениці, вивчення показників якості отриманих партій, підготовлено матеріали до друку.*

12. Бошканяну Х.О., ***Ревенко А.А.** Підвищення ефективності цільового використання партій зерна пшениці // Інноваційні технології розвитку у сфері харчових виробництв, готельно-ресторанного бізнесу, економіки та підприємництва: наукові пошуки молоді: Всеукраїнська науково-практична конференція молодих учених і студентів, присвячена 50-річчю заснування ХДУХТ, 6 квітня 2017 р. : [тези у 2-х ч.] / редкол.: О. І. Черевко [та ін.]. Харків : ХДУХТ, 2017. Ч. 1. С. 217. *Внесок здобувача: формування та вивчення показників якості пробних партій пшениці для підвищення ефективності використання пшениці. Оформлення тез доповідей.*

13. Борта А.В., Станкевич Г.М., ***Ревенко А.А.** Удосконалення формування партій зерна пшениці цільового призначення // 36. тез доповідей Міжнародної науково-практичної конференції [«Технології харчових продуктів і комбікормів»], (Одеса, 25-30 вересня 2017 р.) / Одеська нац. акад. харч. технологій. Одеса: ОНАХТ, 2017. С. 19-21. *Внесок здобувача: вивчення та узагальнення теоретичних відомостей про вплив та формування показників якості пшениці, підготовлено матеріали до друку.*

14. Борта А.В., ***Ревенко А.А.**, Подопригора В.В. Вплив різних факторів на показники якості зерна продовольчої пшениці. // Збірник тез доповідей 78-ї наукової конференції викладачів академії (23 квітня – 27 квітня 2018 р.) / Одеська нац. акад. харч. технологій. Одеса: ОНАХТ, 2018. С. 27-28. *Внесок здобувача: вивчення та узагальнення теоретичних відомостей про вплив та формування показників якості пшениці.*

15. **Пенаки А.А.**, Подопригора В.В. Сравнительные характеристики различных методов отмывания клейковины // Техника и технология пищевых производств: Тезидокл. XI Междунар. Научовой конф. 19-20 апреля 2019 г. Могилев /учрежд. образованием «Могилевский госуд. ун-т продовольствия»; редкол.: А.В. Акулич (отв. ред.) [и др.]. Могилев: МГУП, 2019.. С.62. *Внесок здобувача: проведено дослідження різних способів відмивання клейковини в лабораторних умовах, підготовлено матеріали до друку.*

16. Станкевич Г.М., Борта А.В., **Пенаки А.А.** Дослідження показників якості партій пшениці в залежності від крупності зерна // 36. тез доповідей 79 наукової конференції викладачів академії 16-19 квітня 2019 р. Одеса, ОНАХТ, С. 4-5. *Внесок здобувача: визначено показники якості початкової партії пшениці та партій, отриманих після фракціонування, підготовлено матеріали до друку.*

***Ревенко А.А.** – дівоче прізвище Пенаки А.А.

АНОТАЦІЯ

Пенаки А.А. Підвищення ефективності формування та оцінки якості партій пшениці різного призначення – Кваліфікаційна наукова праця на правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук (доктора філософії) за спеціальністю 05.18.02 «Технологія зернових, бобових, круп'яних продуктів і комбікормів, олійних і луб'яних культур». – Одеська національна академія харчових технологій, Одеса, 2021.

Дисертація присвячена удосконаленню та підвищенню ефективності формування та оцінки якості партій пшениці різного призначення, що в свою чергу приведе до більш раціонального використання зернового потенціалу та збільшення прибутків від реалізації сформованих партій.

У роботі досліджено та визначено показники якості згідно з ДСТУ, фізико-механічні, гігроскопічні властивості пшениці, залежність впливу на якісні показники різних чинників (факторів), досліджено вплив крупності фракцій на показники якості, вивчено змішувальні властивості партій пшениці

За результатами вивченої теоретичної інформації та практичних досліджень запропоновано введення на підприємствах етапу формування партій шляхом змішування для отримання партій зерна підвищеної якості. Окрім того, один з можливих варіантів отримання прибутку – фракціонування – виділення з партій певної фракції, що має підвищені показники якості. Визначено економічну ефективність від впровадження рекомендацій роботи.

Ключові слова: зерно пшениці, показники якості, клейковина, крупність фракцій, змішувальні властивості, формування партій зерна.

ANNOTATION

Penaki A.A. Improving the efficiency of forming and evaluating the quality of lots of wheat for various purposes – Qualifying scientific work on the rights of the manuscript.

Dissertation for the degree of Candidate of Technical Sciences (Doctor of Philosophy) in specialty 05.18.02 "Technology of cereals, legumes, cereals and feed, oilseeds and bast crops". – Odessa National Academy of Food Technologies, Odessa, 2021.

The dissertation is devoted to the development of rational methods for assessing and controlling the impact on the quality indicators and the formation of batches of wheat for various purposes, which will increase the efficiency of using the grain potential and the grain fund.

The paper presents the results of the analysis of the state of the grain market in Ukraine, the quantity and quality of wheat grain for various purposes. For the period 2000-2019 shows the annual fluctuating tendencies of changes in most indicators of grain production in Ukraine: growth in yields and gross harvest of wheat, the nature of wheat, falling numbers, protein and gluten content, the content of grains damaged by a bug-turtle.

The analysis of methods for determining indicators of wheat quality according to international and domestic standards is presented. It is shown that most indicators of

wheat quality have similar methods of determination, however, there are differences in some indicators of quality and their use.

Changes in the quality indicators of wheat grain in the southern regions of Ukraine in 2016 harvest were investigated and ranges of their values were established. It was shown that the nature of all samples of wheat of 2 ... 6 classes exceeded the standard values. More than 50% of wheat of 5 and 6 classes exceeded the standard values for wheat of 3 classes both in protein content ($\geq 11.0\%$) and in gluten content ($\geq 18\%$), and in terms of gluten quality they met the requirements of class 2 wheat (45. ... 100 units of the IDK device). The falling number significantly exceeded the norm (180 s) even for class 2 wheat. Shown is the heterogeneity of grain masses by individual quality indicators.

Differences in the results of determining the quantity and quality of gluten by various methods (manual and mechanical) have been investigated, which can lead to an incorrect determination of the class of wheat. To calculate the amount of gluten based on the protein content, depending on the methods of washing, linear equations are proposed.

The nature and tendencies of changes in the quality of gluten depending on the content of the grains damaged by the bug-turtle were investigated. To predict the tendencies of possible values of gluten quality indicators depending on the content of grains damaged by the bug-turtle, empirical dependencies were obtained. It was found that when the content of damaged grains is up to 2.0%, the IDC quality index increases by 1.3 conventional units for each percentage increase in the number of damaged grains, and when their content is in the range of 2.0...5.0%, the IDC indicator increases by 14.0 conventional units.

It is shown that the fractionation of wheat by size leads to changes in them of individual quality indicators. With an increase in the grain size, the mass of 1000 grains increases more – by 3.02 times. Other indicators grow in this way (%): glassiness by 43.0; the amount of gluten by 15.0; falling number 8.5; the nature and quality of gluten by 4.8. Using separate fractions of wheat grain, when forming batches of a certain target purpose, it is possible to adjust such quality indicators as the mass of 1000 grains, vitreousness, to a certain extent the amount of gluten and a slight fall number.

To prevent significant deviations in the direction of deteriorating the quality of the formed batch of wheat, it is necessary for the ambassador of calculating its composition to conduct an experimental clarification of quality indicators, especially for the quantity and quality of gluten, which do not obey the law of mixing.

It is shown that the use of linear programming methods, implemented in a Microsoft Excel spreadsheet processor, makes it possible to obtain batches of the optimal composition of food wheat of high quality from non-food wheat grain. This allows enterprises to receive additional income due to the difference in their prices.

Key words: *wheat grain, quality indicators, gluten, size of fractions, mixing properties, formation of grain batches.*

Підписано до друку 8.04.2021 р. Формат 60×90/16.
Ум.-друк. арк. 0,9. Тираж 100 прим.

ОНАХТ, вул. Канатна, 112, м. Одеса, 65039