

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
СУМСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
Факультет інженерно-технологічний  
Кафедра агроінжинірингу

До захисту  
Допускається  
Завідувач кафедри

---

Шуляк М. Л.

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА  
за магістерським рівнем вищої освіти

на тему: «ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ЗАХИСТУ ЗЕРНА  
ПІД ЧАС ЗБЕРІГАННЯ»

Виконав: КВАШКО Д. І.  
Група: СТЗ 2301–1м  
Науковий (керівник): Івченко О. В.

## ЗМІСТ

Вступ.....	3
Розділ 1 Дослідження сучасного стану питання захисту зерна під час зберігання.....	5
1.1 Аналіз сучасного стану споживання зернових в Україні та Світі .....	5
1.2 Проблеми захисту зерна під час зберігання .....	14
1.3 Методи зберігання зернових та їх проблеми.....	19
1.4 Висновок. ....	28
Розділ 2 Методи захисту та підвищення ефективності зберігання зерна .....	29
2.1 Загальна характеристика методів та їх класифікація .....	29
2.2 Механічні заходи.....	36
2.3 Біологічні методи .....	38
2.4 Хімічні методи.....	39
2.5 Висновок .....	41
Розділ 3 Експериментальні дослідження та аналіз отриманих результатів....	43
3.1 Забезпечення туману.....	43
3.2 Експериментальні дослідження .....	45
3.3 Методика визначення якості дії препарату .....	48
Розділ 4 Розрахунок економічного ефекту впровадження автоматизації.....	56
4.1 Вхідні данні для проведення розрахунків .....	56
4.2 Методика розрахунку .....	57
4.3 Висновок .....	60
Висновки .....	62
Перелік джерел посилань .....	63

## ВСТУП

**Актуальність проблеми.** Актуальність теми підвищення ефективності захисту зерна під час зберігання обумовлена низкою важливих факторів, які в сучасному світі стають дедалі більш значущими, що зумовлено:

По-перше, економічні втрати, пов'язані з псуванням зерна, є серйозною проблемою для агровиробників. Щороку значні обсяги продукції втрачаються через атаки шкідників, хвороб або неправильні умови зберігання. Це не тільки позначається на прибутках фермерів, але й впливає на стабільність продовольчого ринку. Тому вдосконалення методів захисту є необхідним кроком для збереження економічної вигоди [1].

По-друге, зростання населення вимагає збільшення виробництва продуктів харчування, і ефективно зберігання зерна грає ключову роль у забезпеченні продовольчої безпеки. Ключове значення для забезпечення продовольчої безпеки має роль, яку відіграють ці фактори, особливо в умовах глобальних викликів, таких як зміни клімату., які можуть негативно вплинути на врожайність [2].

Кліматичні зміни також підвищують ризик розвитку шкідників і хвороб під час зберігання. Унаслідок підвищення температури та зміни вологості умови, в яких зберігається зерно, можуть ставати менш контрольованими. Тому розробка нових, адаптивних стратегій захисту зерна стає нагальною потребою.

Екологічні аспекти також важливі, оскільки сучасні підходи до захисту повинні враховувати зменшення використання хімічних пестицидів, які можуть негативно вплинути на навколишнє середовище та здоров'я людей. Впровадження екологічно чистих технологій і методів є актуальним завданням.

Крім того, новітні технології, такі як автоматизація та моніторинг умов зберігання, відкривають нові можливості Для покращення ефективності

захисту зерна. Використання таких інструментів дозволяє своєчасно виявляти проблеми та вжити заходів для їх ліквідації..

Усе це підкреслює важливість теми підвищення ефективності захисту зерна під час зберігання, оскільки вона має безпосередній вплив на економіку, продовольчу безпеку та екологічні питання. Вивчення та застосування нових підходів у цій сфері стає необхідним для забезпечення стійкості агросектору та покращення якості життя людей [3].

### **Мета та завдання роботи.**

Мета роботи полягає у покращенні ефективності процесів зберігання зерна шляхом дослідження сучасних методів захисту зерна під час процесу зберігання на основі розробки рекомендацій з підвищення їх ефективності за урахуванням економічних, екологічних та технологічних аспектів [4].

Для досягнення поставленої мети в роботі встановлено та вирішенні наступні завдання:

1. Дослідити стан економіки та шляхи розвитку методів захисту зерна під час процесу зберігання.
2. Дослідити ефективності впровадження нових технологій в сфері захисту зерна під час процесу зберігання.
3. На основі проведення експерименту в реальних виробничих умовах дослідити ефективність застосування технології з оброблення зернових інсектицидними препаратами.

**Об'єкт дослідження** – процес підготовки та зберігання зерна.

**Предмет дослідження** – системи оброблення зерна в потоці (небулізація) в умовах ФГ«Постіл М. І.».

**Структура й обсяг кваліфікаційної роботи магістра.** Робота складається із вступу, чотирьох розділів, переліку джерел посилань. Повний обсяг кваліфікаційної роботи магістра становить 58 сторінки, у тому числі 21 рисуноків, 7 таблиць, бібліографії із 23 джерел на трьох сторінках.

# РОЗДІЛ 1

## ДОСЛІДЖЕННЯ СУЧАСНОГО СТАНУ ПИТАННЯ ЗАХИСТУ ЗЕРНА ПІД ЧАС ЗБЕРІГАННЯ

### 1.1 Аналіз сучасного стану споживання зернових в Україні та Світі

Зернова галузь в Україні є перспективним сектором аграрного ринку, що має потенціал як на внутрішньому, так і на світовому ринках. Вона визнана стратегічною галуззю, що гарантує продовольчу безпеку та благополуччя та конкурентоспроможність країни. У глобалізованому світі зернові продукти є важливим напрямом зовнішньої торгівлі, що сприяє зростанню валютних надходжень в Україну та розвитку сільських територій.

Стратегія розвитку економіки та аграрного сектору України до 2024 року визначає збільшення валового виробництва сільськогосподарської продукції (у порівнянних цінах) в 1,3 рази щорічно та зростання експорту сільськогосподарської продовольство та продукції на 3–4 % щорічно .

Водночас, за оцінками Мінагрополітики, програма також дозволить скоротити енергоспоживання в аграрних секторах на 8–10%. За останні сім років загальна врожайність зернових зростала: з 2018 по 2014 рік загальний збір зернових збільшився на 25 %, врожайність збільшилася на 18 %, експорт зернових зріс на 80 %, а частка зерна в загальному експорті досягла 17 %. Ці дані підтверджують, що Україна займає лідерські позиції у забезпеченні всесвітньої продовольчої безпеки. продовольчої безпеки.

У стратегічному аналізі та оцінці зернової галузі в Україні використовуються такі економічні характеристики: розмір ринку, конкуренція, темпи зростання ринку, стадіє. життєвого циклу сфери, конкурентна структура, кількість споживачів та їх фінансові ресурси, темпи технологічних та продуктових нововведень, рівень диференціації продукції, економія на масштабах виробництва, транспорт, рівень інвестицій в галузь, рівень та темпи технологічних інновацій капіталомісткість галузі, середній прибуток галузі.

Розвиток зернової індустрії є важливим стратегічним напрямом для аграрного господарства України. Протягом останніх п'яти років Україна значно посилсила свої позиції на аграрному ринку і стала однією з провідних країн-виробників зерна; у 2024 році зернові культури становили 15 % від загального експорту України.

За останні роки загальний врожай зернових мав тенденцію до зростання (табл. 1.1). За період з 2000 по 2024 рік валовий збір зернових збільшився у 2,5 рази. Аналіз показує, що основним чинником цього зростання стало підвищення врожайності всіх видів зернових культур. Зокрема, середня врожайність зернових зросла удвічі – з 19,5 ц/га в 2000 році до 43 ц/га у 2024 році. За видами зернових у 2024 році врожайність склала: пшениці – 41 ц/га, , ячменю – 34 ц/га, кукурудзи – 54,5 ц/га , вівса – 23,8 ц/га га жита – 30 ц/га, гречки – 9,9 ц/га та рису – 50,7 ц/га. []

Таблиця 1.1 – Основні характеристики зернового сектора в Україні за період з 2000 по 2024 роки [5]

№ зп	Показники	Рік									
		2000	2005	2010	2012	2014	2016	2018	2020	2022	2024
1.	Зібрані площі, тис. га	12610	14500	14572	15331	14792	15804	14627	14398	14016	14560
2.	Урожайність, ц/га	19,5	26,0	26,9	37,0	31,2	39,9	43,7	41,1	46,1	43
3.	Виробництво, тис.тонн	23706	37259	38679	54706	45713	62153	63535	59782	66088	61280
4.	Імпорт, тис. тон	1021	151	92	98	74	94	72	73	240	205
5.	Експорт, тис. тон	1295	12519	12075	22691	22179	32515	35277	38506	43800	42190
6.	Загальна пропозиція, тис.тонн	24500	38000	39300	58338	52923	65671	69207	66898	70478	66692

Оскільки внутрішнє споживання в Україні залишається незмінним на рівні близько 29 мільйонів тон на рік — це очікуване збільшення загального

обсягу виробництва зерна, яке буде зумовлено переважно на збільшення експортного потенціалу. Беручи до уваги негативну ситуацію зі скороченням населення України, внутрішній попит на зерно може знизитися у 2024 році урожай зернових в Україні досяг 61,28 мільйона тонн, що на 4,7 мільйона тонн менше порівняно з попереднім роком, коли він становив 25 мільйонів тонн. 2023 році. Зниження виробництва зерна було спричинене несприятливими погодними умовами в період наливу зерна, що в основному вплинуло на врожаї ячменю та кукурудзи.

Аналіз динаміки посівних площ під зерновими культурами за період з 2000 по 2024 рік свідчить про їх збільшення на 1940 га (15,6%). Однак відбулися значні зміни в структурі посівів (рис. 1.1).

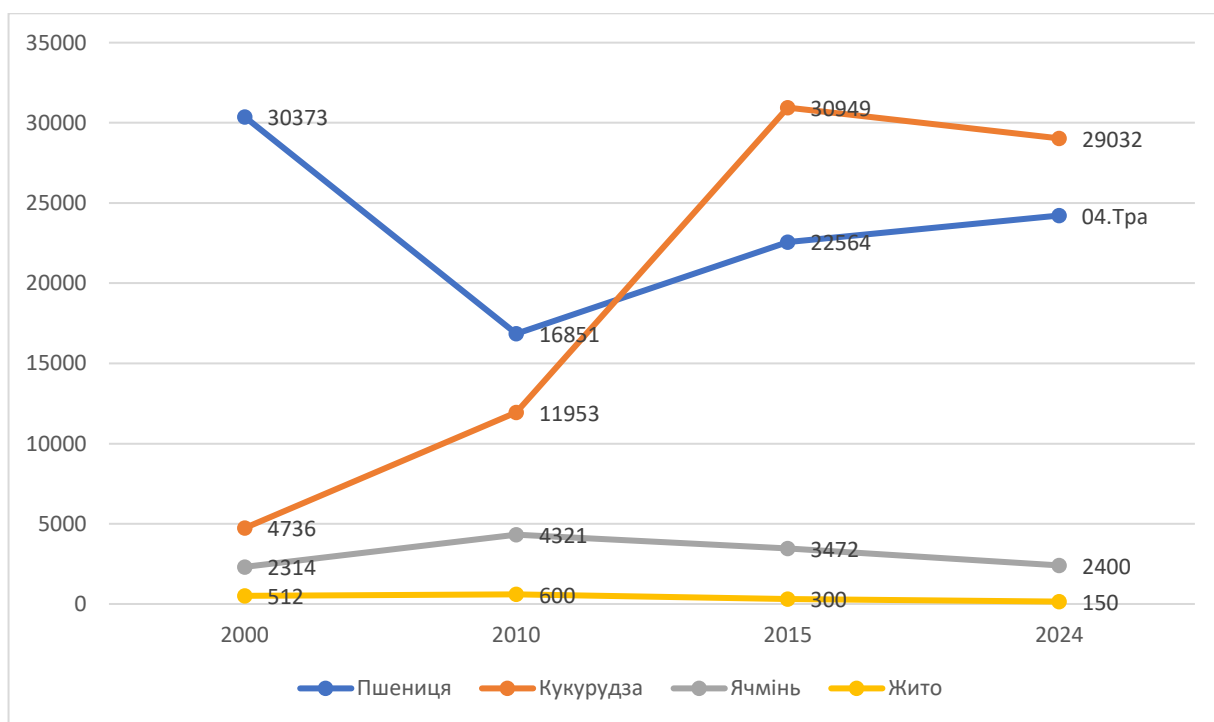


Рисунок 1.1 – Динаміка виробництва основних зернових культур у 2000–2024 роках в Україні[6]

Так, площа посівів кукурудзи у 2017/24 році зростає приблизно в 6,4 рази (з 3848,1 га до 24668,8 га) порівняно з 2000 роком, тоді як площа посівів пшениці збільшилася в 2,6 рази (з 10197 га до 26158 га). В той же час, площа

посівів ячменю зменшилась на 35 % (з 3689,1 га до 2501,5 га), а жита збільшилась втричі (з 517,2 га до 171 га). Така тенденція пов'язана зі збільшенням попиту на пшеницю та кукурудзу на світовому ринку через зростання населення, що призвело до підвищення цін на ці культури.

За 20 років середнє значення врожайності пшениці, кукурудзи та ячменю в Україні зросла на 48 %, 102 % та 57 % відповідно (рис. 1.2). [7]

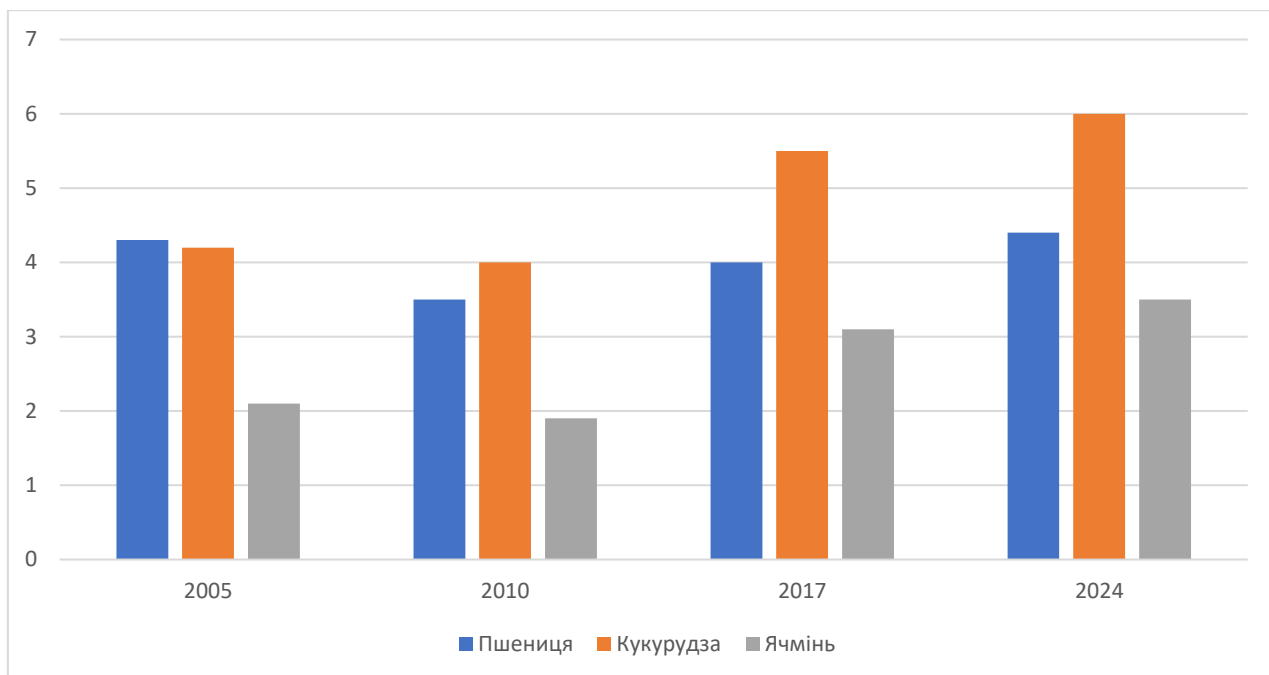


Рисунок 1.2 динаміка підвищення врожайності в Україні основних зернових культур в 2005–2024 рр. (ц/га)

Рекордне зростання врожайності зернових в Україні є результатом відкриття українського аграрного ринку для західних технологій та капіталу. За останні два десятиліття зникло багато ідеологічних кліше.

Насамперед, це стосується «унікальності української насінневої бази». Ще чотири–п'ять років тому вважалося, що завозити і висівати іноземні сорти пшениці не вигідно і недоцільно через різні кліматичні умови, а в 2018–2019 на півночі України активно сіяли сорти озимої пшениці німецької та італійської селекції, при цьому в рази більше, ніж традиційні українські сорти.

За даними Інститут аграрної економіки визначає рентабельність рослинництва у 2024 році очікується на рівні 25,3 %, це вдвічі більше порівняно з 2023 роком (43%). Очікується, що рентабельність зернових складе 20,8%. Що стосується собівартості та рентабельності окремих зернових культур, то собівартість виробництва пшениці зросла за останні роки, проте економічна ефективність пшениці в Україні є досить високою — 31,9 %, що є кращим показником порівняно з основними країнами-виробниками цієї культури. Водночас собівартість виробництва ячменю має тенденцію до підвищення через збільшення витрат на фактори виробництва. Рентабельність вівса зросла до 51,0% (34,4% у попередньому році), а ячменю – до 39,5 % (25,4 % у попередньому році). Рентабельність гороху різко впала до 10,3 % (76,8 % минулого року), гречки до 42,9 % (87 % минулого року) та кукурудзи до 8,3 % (45,7 % минулого року). Зернові запаси в Україні становили 24,23 мільйона тон (у 2016 році – 27,21 мільйона тон). Обсяги пшениці досягли 11,63 мільйона тон, а ячменю — 1,98 мільйона тонн. 9,23 млн тон кукурудзи .

Зернову галузь можна вважати суто конкурентним ринком. Це пов'язано з тим, що продукція галузі є стандартизованою та існує велика кількість продавців і покупців зернова галузь має сприятливі умови для виходу на зовнішній ринок. Попит на зернові культури в найближчі роки тільки зростатиме, і єдиний спосіб збільшити виробництво – це впровадження вітчизняними виробниками передових та високоефективних технологій виробництва.

За останні чотири роки не відбулося суттєвих змін у складі першої десятки українських виробників та експортерів зернових культур, але відбулися певні зміни у рейтингу виробництва та експорту зернових культур, які складають експортний потенціал України (Таблиця 1.2).

Таблиця 1.2 – Топ-10 виробників та експортерів зернових в Україні [8]

№ зп	Пшениця		Ячмінь		Кукурудза		
	Компанія	%	Компанія	%	Компанія	%	
1.	Нібулон	8,4	Гранум Інвест	12,0	Кернел	7,9	
2.	Кернел	7,2	Нібулон	10,6	Нібулон	7,8	
3.	Каргілл	5,6	ДПЗКУ	7,6	ADM	4,7	
4.	ДПЗКУ	4,8	Кернел	6,5	ДПЗКУ	4,2	
5.	Луї Дрейфус Україна ЛТД	3,6	ADM	5,7	UKRLANDFARMING PLC	4,2	
6.	Бунге Україна	3,1	Бунге Україна	2,4	Нобл Ресорсиз Україна	3,5	
7.	ADM	2,9	Нобл Ресорсиз Україна	2,0	Каргілл	2,3	
8.	Агропрсперіс	1,7	ППК Агроресурс	1,9	Гленкор Інтернешнл	1,8	
9.	Гленкор Інтернешнл	1,4	Луї Дрейфус Україна ЛТД	1,8	Луї Дрейфус Україна ЛТД	1,7	
10.	Амбар Експорт	1,3	БТГ Пактуал Комодітіс (Україна)	1,8	Бунге Україна	1,6	
11.	Інші	60,1	Інші	47,7	Інші	60,2	
Всього		100,0	Всього		100,0	Всього	

Наприклад, такі конкуренти, як Nibron, Carnell, Cargill, ДПЗКУ та ADM займають значну частину ринку зерна. На них припадає майже 30–40% всього ринку зерна в Україні.

Очікується, що у 2024–2025 роках експорт досягне 41 мільйона тон, що на 2,8 мільйона тон менше, ніж у попередньому році. В поточному році це включає понад 16 мільйона тон пшениці (9,4 мільйона тон продовольчої та 6,6 мільйона тон фуражної), понад 4 мільйона тон ячменю та майже 16 мільйона тон кукурудзи. Майже 16 мільйонів тон За аналогічний період минулого року Україна експортувала понад 40,5 мільйонів тонн зерна. З них понад 16,6 мільйона тон пшениці (11,0 мільйона тон продовольчої та 5,6 мільйона тон фуражної пшениці), 5,1 мільйона тон ячменю та 18 млн тонн кукурудзи.

Динаміка експорту та імпорту зернових показує, що у 2024 році експорт збільшився майже в 40 разів порівняно з 2000 роком, тоді як імпорт скоротився на 84 % (рис. 1.3).

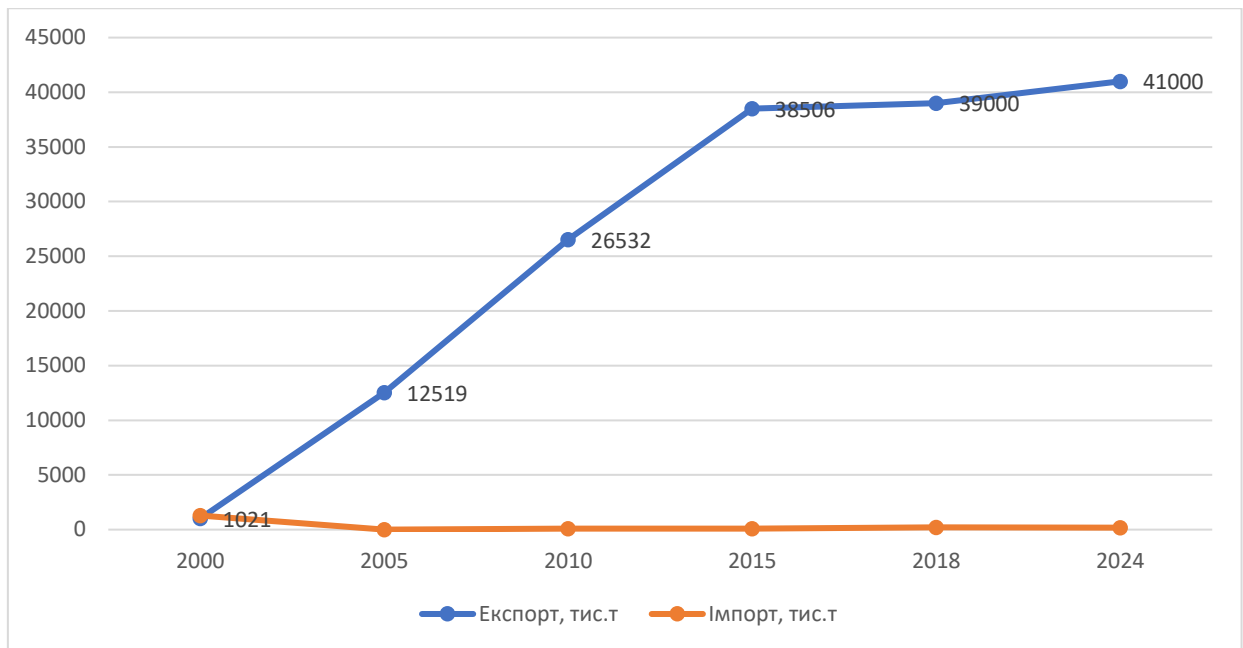


Рисунок 1.3 – Динаміка співвідношення експорту та імпорту зернових в Україні у 2000–2024 роках [9]

Прогноз експорту пшениці у 2024–2025 роках оцінюється на рівні 18 млн тонн, що на 0,5 млн тон більше, ніж у 2023–2024 роках, тоді як експорт ячменю оцінюється на рівні 4,3 млн тонн, що на 1 млн тонн менше, ніж минулого року. Це кукурудза (62%), пшениця (29,8%) та ячмінь (7,1%). На них припадає майже 93,7% валютних надходжень України від експорту зернових (рис. 1.4).

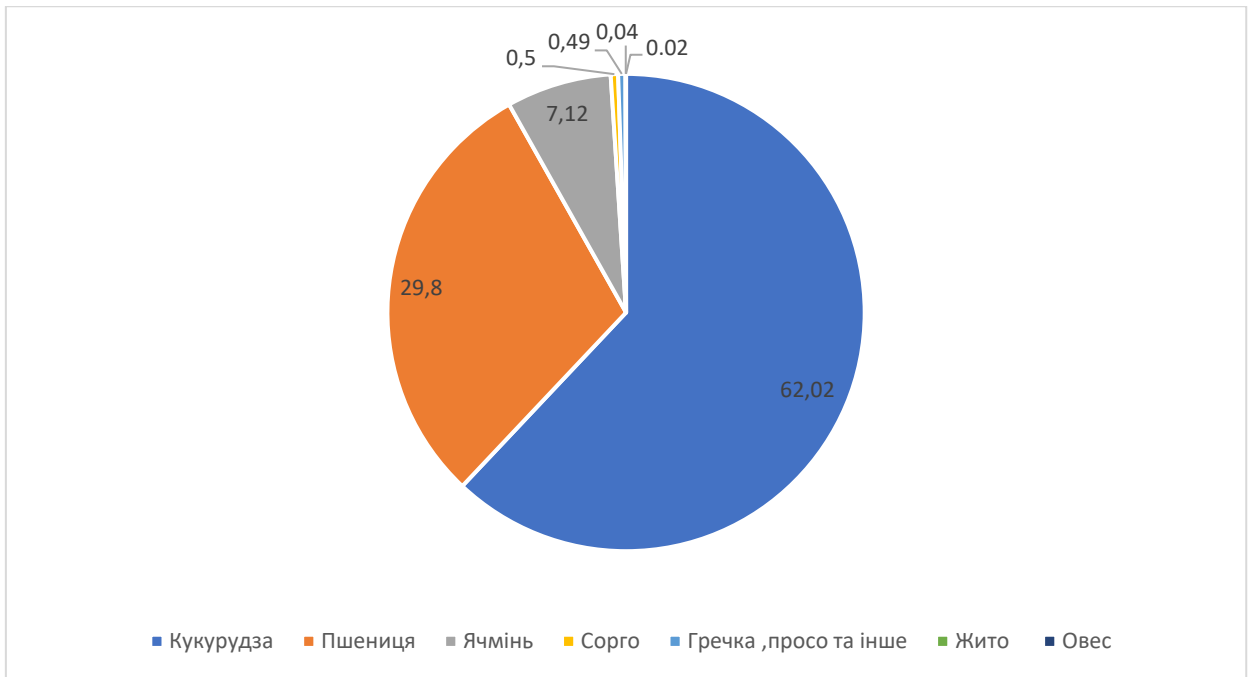


Рисунок 1.4 – Товарна структура експорту зерна з України на світові аграрні ринки у 2024 році [10]

Треба зазначити, що на початку 21 століття Україна експортувала лише 4–5 мільйонів тонн зерна на рік. Сьогодні українське зерно експортується до більш ніж 90 країн світу, з яких близько 20 країн купують понад 1 мільйон тонн зерна. Згідно з інформацією Міністерства сільського господарства США, у період з 2020 по 2024 роках Україна була третім найбільшим експортером ячменю, четвертим – кукурудзи та шостим – пшениці. В останні роки Україна впевнено входить до топ-10 світових експортерів зерна (рис. 1.5).

Особливістю прогнозів розвитку світового аграрного ринку до 2024 року є саме те, що в усіх зернових секторах Україна посідає важливе місце поряд із традиційними гравцями. Очікується, що загальна площа сільськогосподарських угідь у майбутньому збільшуватиметься, особливо в країнах з великими запасами, до яких належить і Україна. Наприклад, українська сировина, така як кукурудза та олійні культури, активно використовується для виробництва біоетанолу. Доля України в глобальному експорті зернових культур значно зростає і досягне щонайменше 62 мільйонів тонн у 2024 році.

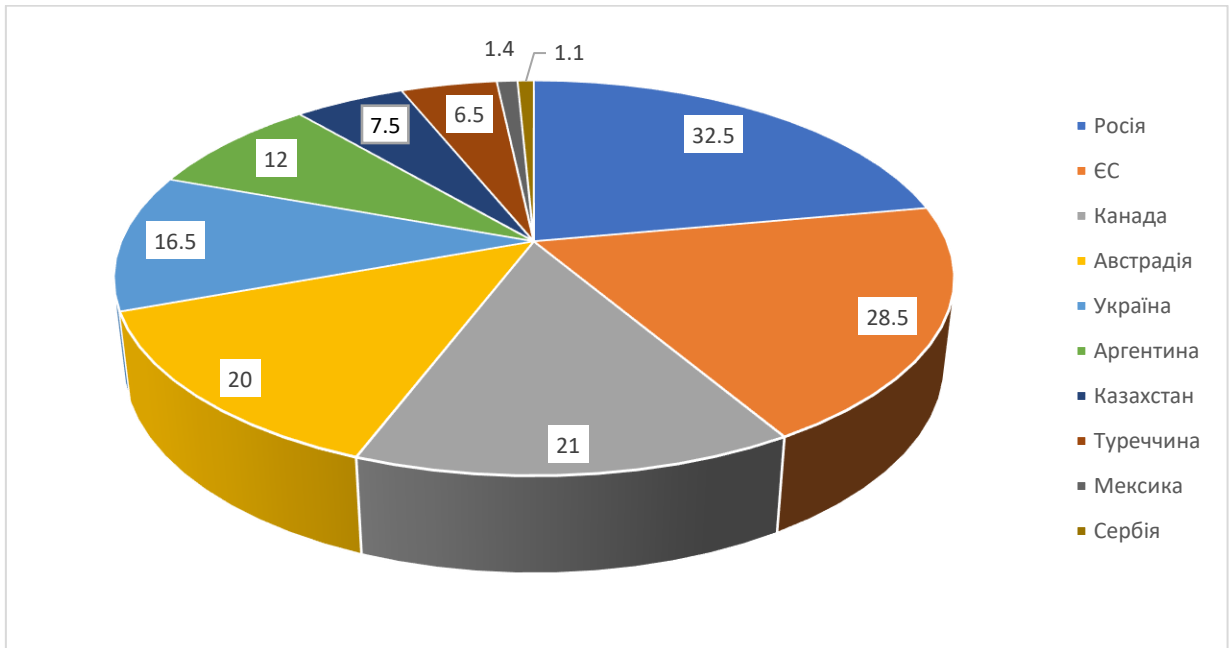


Рисунок 1.5 – Топ-10 експортерів зерна у 2020–2024 рр., млн тон [11]

Таким чином, незважаючи на існуючі перспективи розвитку цього ринку, зернова галузь в Україні наразі стикається з певними перешкодами та викликами для подальшого зростання обсягів виробництва та експорту зернових, такими як:

1. Логістична інфраструктура: недостатні потужності для зберігання зерна (елеватори, склади), неможливість контролювати якість зерна при зберіганні через недостатню забезпеченість елеваторів якісними інспекційними кімнатами, затримки у перевезенні вантажів через дефіцит залізничних вагонів, їх поганий стан техніки, завищена вартість транспортних послуг та недостатній потенціал портових потужностей .

2. Ризик недостатньої провізної спроможності на всіх видах транспорту, враховуючи потенціал підвищення створення та експорту зерна. У разі збільшення обсягів експорту зернових, пропускна здатність зернової логістичної інфраструктури України повинна бути здатною обробляти такі обсяги вантажів.

3. Стабільне зростання виробництва зерна і, водночас, зменшення частки високоякісного продовольчого зерна, яке експортери можуть запропонувати країнам-партнерам.

Низька частка високоякісного продовольчого зерна, яку експортери можуть запропонувати країнам-партнерам. Наприклад, сусідня Румунія експортує пшеницю з вмістом білка 12,5 %, що в середньому на 10 доларів США за тону дорожче, ніж українська пшениця з вмістом білка 11,5 %.

Зернова галузь є стратегічним сектором для української економіки, на який припадає понад 25% загального обсягу сільськогосподарського виробництва. Зростаючий світовий попит на зернові підвищив позиції України у світових рейтингах. Тому підтримка українських фермерів з боку Уряду сприятиме підвищенню якості та цін на зерно, а також розширенню ринку збуту.

## **1.2 Захист зерна під час зберігання: проблеми та перспективи покращення технологічних процесів**

Зберігання зерна та запобігання розповсюдженню хвороб і шкідників є важливим кінцевим етапом технологічного процесу виробництва.

Погане зберігання зерна може бути викликане такими причинами:

1. Неправильна вологість: Занадто висока вологість сприяє розвитку плісняви та грибків, тоді як занадто низька може призвести до висихання зерна. Оптимальний рівень вологості для зберігання зерна зазвичай становить 12–14%. Це дозволяє зберегти якість та запобігти псуванню [12].

Висока вологість:

– Ризик плісняви: Волога створює сприятливі умови для росту плісняви та грибків, які можуть зіпсувати зерно.

– Гниття: Зерно, яке зберігається у вологих умовах, може почати гнити, що призводить до втрати якості і кількості.

– Шкідники: Висока вологість приваблює шкідників, таких як комахи та гризуни, які можуть пошкодити зерно.

Низька вологість:

– Висихання: Зерно може втратити вологу, що призведе до його висихання і погіршення якості.

– Пошкодження: Висихання може викликати тріщини в зернах, що робить їх більш вразливими до пошкоджень.

2. Температурні коливання: Високі температури або їх різкі зміни можуть вплинути на якість зерна.

Високі температури:

– Розвиток плісняви і грибків: Температури вище 20–25°C створюють належні умови для розвитку мікроорганізмів.

– Зростання шкідників: Висока температура може активізувати шкідників, таких як комахи, які можуть пошкодити зерно.

– Погіршення якості: Висока температура може призвести до втрати поживних речовин і зміни смакових якостей.

Низькі температури:

– Зниження активності: Хоча низькі температури зазвичай уповільнюють розвиток шкідників і мікроорганізмів, вони також призодять до фізичних пошкоджень зерна, особливо в умовах тривалого зберігання.

– Ризик конденсації: Різкі зміни температури можуть спричинити конденсацію вологи, що може призвести до псування зерна.

– Оптимальний температурний режим:

– Для зберігання зерна оптимальними є температури близько 10–15°C.

Це допомагає зберегти якість та запобігти розвитку шкідників і хвороб.

Недостатнє провітрювання: Погане повітряне забезпечення може призвести до накопичення вологи і розвитку плісняви.

3. Шкідники: Наявність комах, гризунів і інших шкідників може пошкоджувати зерно.

Комахи:

– Килимові жуки (Trogoderma): Пошкоджують зерно, гризучи його. Вони можуть знижувати якість продукції.

– Зернові жуки (Sitophilus): Самиці відкладають яйця в зерні, а личинки поїдають його, завдаючи значних втрат.

– Силосні жуки (Acanthoscelides): Пошкоджують боби і зерно, зменшуючи його товарну цінність.

– Гризуни:

– Миші та щури: Вони не тільки поїдають зерно, але й можуть його забруднювати сечею та екскрементами, що робить його непридатним для споживання.

– Гриби та плісняви:

– Хоча це не шкідники в традиційному сенсі, деякі грибки можуть активно розвиватися на зерні в умовах високої вологості, погіршуючи його якість і безпеку.

4. Недостатня очистка: Непроведення очистки перед зберіганням може призвести до забруднення зерна залишками, які сприяють псуванню. Залишки інших культур:

– Наявність залишків зерна інших культур може призвести до змішування сортів, що погіршує якість і знижує товарну цінність.

Забруднення пилом і сміттям:

– Пил, бруд і сміття можуть містити шкідливі мікроорганізми, які сприяють розвитку хвороб та плісняви.

Шкідники:

– Неправильно очищене зерно може містити яйця чи личинки шкідників, що призводить до їх розвитку під час зберігання.

Волога

– Наявність забруднень може утримувати вологу, що, значно підвищує ризик гниття і псування зерна.

Зниження якості:

- Забруднення може призвести до втрати поживних речовин, змінити смак і аромат продукту, що негативно вплине на споживчу привабливість.

5. Технічні несправності: Поломки в системах вентиляції або охолодження можуть негативно вплинути на умови зберігання.

Неправильна температура:

- Перегрів: Якщо система охолодження виходить з ладу, температура в складі може підвищитися, що призводить до ризику розвитку плісняви і шкідників.

- Знижена температура: У разі несправності системи обігріву в зимовий період можуть виникнути проблеми з конденсацією.

Погане провітрювання:

- Застій повітря: Поломка в системі вентиляції призводить до недостатнього обміну повітря, що може сприяти накопиченню вологи і розвитку плісняви.

- Неоднорідний розподіл температури: Це може призвести до локальних перегрівів або охолоджень, що негативно вплине на якість зерна.

- Збільшений ризик шкідників:

- Активність шкідників: Погані умови можуть залучати шкідників, які будуть розвиватися в нерегульованих температурах і вологості.

- Необхідність ремонту:

- Час і витрати: Поломки можуть вимагати значних зусиль і витрат на ремонт, що може призвести до додаткових втрат.

6. Перевантаження складів: Занадто велике скупчення зерна може призвести до фізичного тиску і погіршення якості. Фізичний тиск:

- Пошкодження зерна: Занадто велике скупчення може призвести до механічного пошкодження зерна, викликаючи тріщини або злам.

- Стискування: Нижні шари зерна можуть зазнати зниження якості через стискування, що призводить до погіршення його характеристик.

#### Проблеми з провітрюванням:

- Зменшений повітряний обмін: Перевантаження може призвести до поганого провітрювання, що збільшує ризик розвитку плісняви і грибків.
- Нестабільність температури: Неправильний розподіл повітря може призвести до температурних коливань, що негативно вплине на якість.
- Збільшений ризик забруднення:
- Накопичення залишків: Перевантажені склади можуть утримувати залишки старого зерна або сміття, що може призвести до забруднення нового врожаю.
- Шкідники: Наявність великої кількості зерна створює сприятливі умови для розвитку шкідників.

#### Ускладнене управління запасами:

- Неправильна ідентифікація: Велике скупчення може ускладнити контроль за якістю та сортами зерна, що веде до помилок при обробці.

7. Відсутність моніторингу: Нерегулярний контроль стану зерна може призвести до неприйнятних змін у його якості.

8. Неправильна технологія зберігання: Використання невідповідних методів чи обладнання може також вплинути на результати. □ Вибір невідповідного обладнання:

- Ненадійні ємності: Використання старих або несертифікованих контейнерів може призвести до псування зерна через недостатній захист від вологи та шкідників.
- Неправильні системи вентиляції: Невірно спроектовані або недостатні системи вентиляції можуть призвести до застою повітря і підвищення вологості.

#### Невідповідні умови зберігання:

- Температурні коливання: Зберігання зерна в умовах нестабільної температури може призвести до конденсації та розвитку плісняви.

– Неправильна вологість: Якщо вологість зерна не контролюється, це може призвести до гниття або, навпаки, висихання зерна.

Недостатня обробка:

– Відсутність дезінфекції: Невпровадження дезінфекційних заходів перед зберіганням може призвести до зараження зерна шкідниками та мікроорганізмами.

– Недостатнє очищення: Якщо зерно не очищається належним чином, забруднення можуть вплинути на якість.

Погане планування:

– Неправильне розташування: Неправильне розташування зерна в складі може ускладнити доступ і контроль, що може призвести до запізненого виявлення проблем

Важливо враховувати всі ці фактори для забезпечення належного зберігання зерна

### **1.3 Методи зберігання зернових та їх основні недоліки**

Найпоширенішою технологією зберігання зерна є попереднє сушіння зерна і подальше зберігання його в охолоджених умовах. Ця технологія дозволяє зберігати зерно з покращеною якістю, але вимагає високих енергетичних та матеріальних витрат.

З можливих методів зберігання зерна на практиці використовують сухе та охолоджене зберігання, а також комбінації цих двох методів.

Використовуються два основні методи зберігання насінневого зерна: контейнерне (мішкове) зберігання та зберігання навалом.

Контейнерний спосіб зберігання використовується лише для зберігання елітного насіння та насіння першої селекції. Насіння з крихкою оболонкою або насіння, що легко ламається (наприклад, арахіс, сушені боби), також зберігають у контейнерах. [13]

Основними видами упаковки зерна є лляні, напівлляні, лляно-джутові, джутові, джутово-джутово-конопляні та конопляно-джутові ткани мішки. Тип тканини, з якої виготовлений мішок, визначає його міцність. Існують мішки нормальної міцності без кольорових смуг і міцніші мішки з однією або декількома кольоровими смугами.

Для заварювання та зашивання мішків використовується комплекс заварювання мішків КЗМ-1. Запаковані та зашиті мішки з насінням маркуються спеціальною етикеткою із зазначенням категорії насіння.

Мішки складають на піддони висотою 12–15 см. Потім на піддоні розміщують по три мішки в кожному ряду штабеля, причому третій мішок розміщують перпендикулярно до двох паралельних мішків, наступний паралельний мішок розміщують перпендикулярно і наступний паралельний мішок розміщують перпендикулярно.

Мішки розміщують у зворотному порядку, щоб отримати надійну «зв'язку» мішків.

При формуванні штабелів усі мішки укладають зашитою стороною всередину, а між штабелями залишають простір 1–2 метри для контролю зберігання та переміщення мішків у разі потреби.

Між штабелями і стінами зерносховища повинен бути прохід не менше 0,75 м. Розумна висота штабеля для зернових і бобових становить 6–8 мішків, але там, де місця для зберігання недостатньо, допускається висота штабеля до 20 мішків (рис. 1.6).



Рисунок 1.6 – Система зберігання зерна в тарі

Тара з лляних, напівлляних, лляно-джутових, лляно-джут-кенафових і конопляно-джутових тканин добре вбирає вологу, і вологість зерна, що зберігається, змінюється. Влітку і восени насіння висихає, тоді як взимку і навесні вологість значно підвищується. Інтервал зміни вологості зерна може досягати 2,5–3%, а вологість насіння, що зберігається, може досягати 16–16,5 %.

Останнім часом для зберігання зерна використовують паперові та поліетиленові мішки. Перевага паперових мішків полягає в тому, що вони відносно недорогі, тоді як перевага поліетиленових мішків полягає в тому, що вони не вбирають вологу.

Зберігання насіння в поліетиленових мішках і підтримання його в абсолютно сухому стані (початкова вологість 9–10 %) обмежить потрапляння вологи до насіння і зменшить дихання насіння. Для сезонного зберігання насіння з вологістю, близькою до критичної, достатньо паперової упаковки.

Загалом, недоліками контейнерних методів зберігання зерна є висока вартість через трудомісткість, додаткові витрати на придбання контейнерів і систем пакування, а також висока частка ручної праці при укладанні і переміщенні мішків.

Наразі основним методом зберігання насінневого та фуражного зерна є насипне зберігання, яке поділяється на підлогове та силосне.

Висота зернової маси встановлюється відповідно до використання та стану зерна. Продовольче і фуражне зерно з субкритичною вологістю, дозріле після збору врожаю і без домішок, зберігають максимально насипом.

У таких партіях зерна висота насипу обмежується лише висотою та міцністю самого зерносховища.

Для збереження життєздатності насіння партії насінневого зерна зберігають у зерносховищах з насипною висотою 1–3 метри.

Аналіз літературних джерел показує, що менша висота насінневого зерносховища зумовлена особливостями вентиляції зернової маси.

Переваги насипного способу зберігання насінневого зерна полягають у наступному

Більш повне використання площі та об'єму зерносховища;

– можливість використання механізованого обладнання для переміщення зернових мас;

– простота контролю за зберіганням зерна на всіх приймальних майданчиках;

– простота контролю за зберіганням зерна на всіх приймальних майданчиках;

– простота контролю за зберіганням зерна на всіх приймальних майданчиках;

– можливість проведення фітосанітарного контролю зернової продукції.

Недоліком цього способу є будівництво та утримання зерносховища (підготовка до збирання врожаю) пов'язане зі значними витратами.

Всі об'єкти зберігання зерна можна поділити на зерносховища та елеватори. Зернові склади – це будівлі з горизонтальною або похилою підлогою, призначені для зберігання великої кількості зерна по всій площі складу.

Зернові склади класифікуються за способом розміщення зерна, ступенем механізації вантажно-розвантажувальних робіт, тривалістю зберігання зерна і типом будівельних матеріалів. Найпоширеніша форма – прямокутна.

Сучасні зернові склади (рис. 1.6) характеризуються наступними технічними прийомами.

- Механізація транспортних і вантажно-розвантажувальних робіт;
- Контроль температури і вологості зерна
- Регулювання температури і вологості зерна, що зберігається, за допомогою вентиляції;
- Додаткова обробка для підтримки якості зерна до і під час зберігання (наприклад, миття, сушіння, охолодження, дезінфекція).

Всі типи зерносклоповищ зазвичай будуються неопалюваними і без горищ.

Залежно від способу зберігання зерна, зернові склади, побудовані в сільськогосподарських підприємствах та на елеваторах, їх розділяють на такі типи

- Сараї: зерно зберігається в індивідуальних ємностях (засіках (відсіках));
- Підлоговий тип: зерно зберігається насипом на горизонтальній або похилій підлозі; насіннєве зерно зберігається в контейнерах на горизонтальній підлозі
- Комбінований тип: зерно зберігається насипом на підлозі та в індивідуальних контейнерах;
- Бункерні силоси: зерно зберігається в окремих бункерах або силосах.



Рисунок 1.7 – Зберігання зерна в зерносховищах (навалом):

1 – система вентиляції;

2 – датчики температури зерна

Криті зерносховища зручніші для збереження окремих невеликих партій зерна різного призначення та якості якості. Такі сховища підходять для насінневого і сортового зерна, яке потрібно зберігати відносно невисокими шарами за категоріями і сортами в умовах, що не дадуть можливість зерну змішатися, що лежать близько один біля одного. Для формування засіків зерносховища поділяють на відсіки та перегородки з чистих дошок, які є найпростішими бункерами. Всі бункери проектують однакового об'єму, це дозволяє забезпечити однакові розміри деталей і елементів, з яких складаються бункери. При необхідності місткість кожного відсіку можна зменшити або збільшити, додавши або видаливши перегородки.

Місткість для зберігання насінневого зерна окремих бункерів не перевищує 25 тонн, а максимально допустима висота завантаження зерна становить 3 метри. Бункери розташовані групами по 2,4 ряди, з вертикальними проходами між ними для вивантаження і завантаження зерна і горизонтальними проходами безпосередньо назовні. Ширина вертикальних проходів визначається габаритами механізму, що використовується для обробки зерна та переміщення, але не повинна бути меншою за 2 метри.

У підлогових зерносховищах зерно висипається на підлогу. Висота купи завжди залежить від якості зерна і зазвичай не більше 2,5 м біля стіни і 5 м в середині зерносховища.

Комбіновані методи зберігання зазвичай використовуються, коли невеликі партії різних культур зерна або видів використання потрібно зберігати окремо, або коли зерно зберігається одночасно різними методами зберігання (наприклад, навалом і в контейнерах).

Зони зберігання зерна відокремлюються пресованими щитами висотою від 2,5 до 4 метрів.

Криті та підлогові зерносховища спроектовані таким чином, щоб їх можна було експлуатувати за допомогою мобільної техніки, наприклад, мобільних конвеєрів та тракторних навантажувачів. Зерно завантажується і вивантажується через розсувні ворота.

Хоча на зернових складах зберігається велика кількість зерна, встановлюють причини псування зерна та погіршення його якості. Тому, не дивлячись на великі матеріальні витрати, зернові склади готують до нового врожаю із підвищеною ретельністю.

Підготовка до прийому починається відразу після збуту старого зерна.

Навколо зерносховища прокладають бруківку та дренажі, щоб запобігти потраплянню дощової води. Якщо стіни намокають, їх обшивають зсередини панелями ДСП або дошками на висоту штабеля. Між стінами та панелями залишається зазор 20–40 мм для вентиляції. Всі щілини в будівлі повинні бути заклеєні промасленою тканиною або зацементовані.

Після того, як склад звільнений від зерна, все обладнання та складські приміщення зачищають від залишків сміття та зерна. Брезенти та мішки прогріваються теплою водою (70.. 90°C), просушують і зберігають в окремому приміщенні. Потім складські приміщення обробляють фосфорорганічними препаратами, такими як карбофос і хлорофос. Проводиться також боротьба зі шкідниками та гризунами зерна, дезінфекція та дезактивація приміщень.

Зберігання зерна в металевих силосах є найбільш перспективним і економічно обґрунтованим методом, оскільки витрати на зберігання низькі, а самі сховища швидко споруджуються. У Канаді, Франції, США та інших країнах майже 70 % зерна, що зберігається протягом тривалого часу, зберігається в металевих силосах. Зерно добре очищується від домішок і проходить післязбиральний дозрівальний процес, з вологістю 13–14%; вартість зберігання тони зерна в металевому силосі 2–3 рази нижча, ніж у складі із залізобетону або цегли. Витрати сталі на будівництво металевих сховищ становлять 10–18 кг на тону зерна. Аналіз конструкції металевих силосів, що використовуються для збереження зернових за кордоном і в нас, та показує, що за компонованням вони являють собою стоячі силоси великого діаметру циліндричної форми висота яких досягає 30 метрів. Верхня частина металевих силосів має конічну кришку, а нижня – часто конічне, але є і плоске дно. Металеві силоси мають підсилосні та надсилосні галереї для розвантаження та завантаження зерна, а також оснащені спеціальним обладнанням для вентиляції та газоочищення зерна.

Металеві силоси завантажуються конвеєрами через отвір у верхній частині, розвантажуються через розвантажувальну воронку в нижній частині, щоб повністю використовувати закритий об'єм (рис. 1.7).

Дно силосу злегка нахилене, а це означає, що приблизно 15–18% зерна під час розвантаження потрібно переорювати, що робиться за допомогою розвантажувального пристрою з проточним робочим колесом.

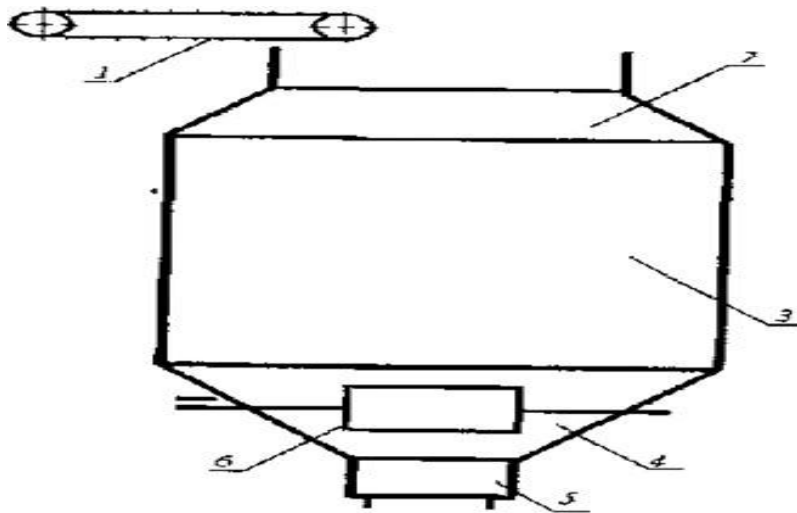


Рисунок 1.7 Силосне обладнання для збереження зерна: 1 – транспортер для завантаження ; 2 – кришка силосу; 3 – контейнер силосу; 4 – горловина розвантажувальна; 5 – пристрій розвантажувальний; 6 – потоковий стимулятор.[14]

При аналізі наукової літератури, незважаючи на всі переваги зберігання насіння в металевих силосах, цей спосіб не використовується для зберігання насіння ні в нашій країні, ні за кордоном. Це пов'язано з тим, що обсяги металевих силосів, які виробляються промисловістю, в рази перевищують потреби господарств, які зберігають насіння, що неминуче призведе до неповного завантаження силосів і пересортування насінневого матеріалу.

Металеві силоси мають ряд особливостей, які обов'язково потрібно врахувати при побудові режиму збереження насінневого зерна. Зі збільшенням висоти зернового шару для його усунення необхідне активне вентилявання зерна, оскільки воно змінює склад повітря всередині металевого силоса і створює всередині силосу умови, несприятливі для збільшення вуглекислого газу в більш глибоких шарах зернового насипу.

У вітчизняних і міжнародних проектах розвитку металевих силосних сховищ для активного вентилявання зернових мас переважно використовують аеродинамічні донні пристрої на основі закритих повітряних лотків.

Найбільш перспективним методом організації дихання зерна є аерація зернових мас. Це пояснюється тим, що швидкість фільтрування в засипці при аерації значно менша, ніж при активному вентиляванні. Експериментальні дані та розрахунки доводять, що при зниженні температури зерна на однакову величину питомі витрати енергії в 2...2,5 рази нижчі, ніж при активному вентиляванні, хоча час обробки зерна повітрям більший у 2,2,5 рази нижче, ніж при активному вентиляванні.

До недоліків збереження насінневого зерна в металевих силосах можна віднести складність боротьби з комірними шкідниками, які можуть бути присутніми в зернових насипах металевих силосів.

Складність процесу контролю якості та висока трудомісткість зберігання насінневого зерна призводять до збільшення операційних витрат.

#### **1.4 Висновок.**

Забезпечення належного захисту зерна під час зберігання має вирішальне значення для збереження його якості та запобігання втратам. Існують проблеми, пов'язані із захистом зернових, як в Україні, так і в світі, які потребують нагального вирішення. Використовування сучасних технологій та методів зберігання та регулярний моніторинг ситуації може значно покращити ситуацію.

## РОЗДІЛ 2

### МЕТОДИ ЗАХИСТУ ТА ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ЗБЕРІГАННЯ ЗЕРНА

#### 2.1 Загальна характеристика методів та їх класифікація

Методи захисту зерна під час його зберігання спрямовані на забезпечення його якості та запобігання псуванню, ураженню шкідниками, грибками та бактеріями. Ефективний захист зерна забезпечує збереження якості продуктів харчування та кормів, що має життєво важливе значення для сільськогосподарського сектору [15].

Зберігання зерна являється ключовим елементом аграрного сектора , і для забезпечення збереження його якості необхідно дотримуватися певних правил. Основні принципи зберігання зерна є організація оптимальних умов для його зберігання та забезпечення належної вентиляції та контроль за рівнем вологості і температури.

Згідно з агрономічними вимогами, покращене зберігання зерна значною мірою залежить від правильно організованих умов. Важливо забезпечити ефективну вентиляцію, щоб запобігти утворення конденсату та втрати вологи. Контролювання температури також є критичним, оскільки висока температура може призвести до розвитку шкідників та перегріву зерна.

При дотримання всіх рекомендацій щодо зберігання зерна підвищить ефективність зберігання та збереже основну частину врожаю. Також важливо регулярно контролювати умови для зберігання зерна та своєчасно вжити необхідних заходів для запобігання можливим проблемам, що виникають під час його зберігання.

Існуючі схеми зберігання зерна базуються на методах затримки життєвого циклу зерна шляхом переведення його в стан ксеро-анабіозу, термо-анабіозу або аноксидіозу. Кожен з цих станів вимагає певного режиму зберігання зерна. Зерно може бути зневоднене до стану ксеро-анабіозу, при якому знижується фізіологічна активність більшості компонентів зернової

маси. Критична вологість всіх зернових і бобових культур становить 12–14%. Коли вологість зерна падає нижче критичного значення, газообмін в зерні значно знижується і всі організми в зерні, за винятком шкідників, стають анаеробними.

Сухий спосіб зберігання на сьогодні є найпоширенішим, оскільки дозволяє зберігати зерно протягом тривалого часу, зберігаючи при цьому високий рівень життєдіяльності насіння та його якісні показники. Виробничий досвід показав, що очищені від домішок і знезаражені зернові маси можуть зберігатися без переміщення 4–5 років на звичайних зернових складах і 2–3 роки в силосах елеваторів – 3 роки. У звичайних зерноскладах зерно зберігають у високих штабелях. Це, по-перше, найбільш ефективне використання приміщень і, по-друге, створює оптимальні умови для зберігання зерна, оскільки вологість і температура зерна менш мінливі, ніж у низькоштабельних зерноскладах.

Сухе зерно транспортують на великі відстані всіма видами транспорту.

Сире зерно можна транспортувати лише на короткі відстані.

Зберігання сухого зерна має ряд недоліків. До них відносяться систематичний моніторинг стану зернової маси, своєчасне провітрювання, необхідність належної ізоляції від зовнішніх впливів (різкі коливання температури навколишнього середовища і висока вологість) і боротьба зі шкідниками, які можуть бути присутніми в зерні з вологістю нижче критичного рівня.

Іншою причиною псування сухих зернових мас є утворення крапель води в окремих частинах зерна внаслідок температурних коливань і явищ тепло- і вологопровідності, що призводить до підвищення вологості.

Принцип терморезистентності забезпечується шляхом охолодження зернової маси під час її зберігання. Всі біологічні компоненти зернової маси, що зберігається, такі як мікроорганізми, комахи та кліщі, чутливі до охолодження.

Збереження зерна в умовах прохолоди є одним з найдієвних способів мінімізації втрат. При збереженні сухого зерна, охолодження надає значний

ефект, продовжуючи термін його зберігання. Низька теплопроникність зерна дозволяє зберігати велику кількість зерна при низьких температурах протягом тривалого проміжку часу. Незалежно від очікуваного терміну зберігання, перед транспортуванням необхідно охолодити зерно, щоб зберегти його якість під час транспортування.

Охолодженими вважаються лише партії зерна з об'ємною температурою нижче 10°C. При цьому партії зерна з температурою 0–10°C у всіх шарах насипу вважаються охолодженими на першому етапі, тоді як партії зерна із температурою менше 0°C вважаються охолодженими на другому етапі.

Методи охолодження зерна поділяються на дві групи: штучне (активне) охолодження і охолодження природне (пасивне). При пасивному охолодженні зерна його не переміщують і не обробляють холодним повітрям. Якщо погода холодна, температура зерна знижується за допомогою вентиляції зерносховища, вентиляції через витяжні труби, а також шляхом відкриття дверей, парпетів і вікон.

Значною мірою ефективність природного охолодження визначається різницею температур між зовнішнім повітрям та зерною масою, а також тривалістю процесу охолодження. Коротке природне охолодження є недостатньо ефективним для зменшення температури зерна, оскільки холодне повітря, що циркулює в зерносховищі, охолоджує зерно повільно і нерівномірно. Нерівномірність охолодження пояснюється поганою теплопровідністю зернових мас, що призводить до повільного охолодження всередині зерна.

Попри недоліки застосування природного охолодження, воно широко використовується, особливо в центральних і північних регіонах України, оскільки не вимагає енерговитрат і значних трудовитрат.

Ізолюючи зерно від атмосфери або поміщаючи його в спеціальне анаеробне газове середовище, можна зменшити потребу зернової маси в кисні і зробити зерно анаеробним.

Спеціальне анаеробне середовище можна створити одним з трьох способів.

1 – Накопичення вуглекислого газу в закритому об'ємі, в якому зберігається зерно, природним шляхом, тобто за допомогою продуктів дихання зерна і всіх організмів, що знаходяться в цьому об'ємі;

2 – Вакуумування об'єму, в якому знаходиться зерно.

3 – Введення в об'єм із зерновою масою газу, що витісняє повітря з міжзернового простору.

Перший спосіб є найбільш доступним і дешевим, але його основним недоліком є те, що необхідний кисень у зерносховищі заміщується продуктами дихання зерна, комах і мікроорганізмів, що потребує значного часу для заміщення кисню в зерносховищі. За цей час якість зерна може суттєво змінитися.

Метод зберігання зерна у вакуумі не набув широкого застосування через технічну складність будівництва герметичних сховищ і високу вартість матеріалів. [16]

Згідно з дослідженнями зарубіжних вчених, сухе зерно можна зберігати в повному вакуумі тільки при вологості нижче 8 %, в такому випадку завершується вся життєдіяльність зерна і зберігається його поживна цінність, але різко падає швидкість проростання.

Металеві силоси використовуються для зберігання зернової маси в спеціальному газовому середовищі. Для створення газового середовища використовується вуглекислий газ. При зберіганні зерна додають шматочки сухого льоду, які при таненні виділяють вуглекислий газ, що дозволяє швидко витіснити повітря з міжзернового простору. Газову суміш (86–88 % азоту, 11–13 % вуглекислого газу і 0,5–1 % кисню), що утворюється при спалюванні природного газу, також можна використовувати як газове середовище. Однак це досить дорогий спосіб створення безкисневого середовища.

На практиці зберігання зерна без доступу повітря використовується тоді, коли потрібно забезпечити вологе зберігання зерна . Для зберігання

насінневого зерна він непридатний, оскільки повністю зупиняє всі важливі процеси, що відбуваються в зерні під час зберігання.

Останнім часом все більшого поширення набуває четвертий спосіб зберігання – хімічне зберігання зерна.

До хімічного зберігання зазвичай вдаються тоді, коли перші три методи з якихось причин не можуть бути застосовані. Зазвичай це буває тоді, коли отримують зерно з високим вмістом вологи, а сушіння або економічно недоцільне, або на нього немає часу.

При хімічному консервуванні зерна в зернову масу додають консерванти, щоб привести її в стан абіозу або анабіозу і пригнітити розвиток мікроорганізмів, особливо пліснявих грибів, які викликають псування зерна.

До консервантів належать метабісульфіт натрію (піросульфід) ( $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5$ ), низькомолекулярні карбонові кислоти, особливо пропіонова кислота та її препарати (наприклад, «Продкорн» і «Хемстор»), а також органічні кислоти, такі як мурашина, оцтова і бензойна кислоти. Консерванти використовуються в діапазоні 0,5–17 % від маси зерна.

Сучасні консерванти здебільшого використовуються лише для зберігання фуражного зерна, оскільки вони можуть гарантувати збереження зерна протягом 30–50 днів і забезпечують хороше засвоєння тваринами зерна, обробленого консервантами.

Методи зберігання продовольчого та насінневого зерна із застосуванням консервантів не застосовуються для зберігання, оскільки вони погіршують поживну цінність та хлібопекарські властивості зерна, а також різко знижують швидкість проростання та енергію проростання зерна. Найбільш перспективним сектором зберігання зерна в Україні, а особливо за кордоном, є використання технологій комбінованого зберігання.

Запобігання розмноження хвороб та шкідників і зберігання зернових мас є важливим завершальним етапом виробничого процесу. [17]

Найпоширенішою причиною погіршення зерна під час його збереження є зараження комахами, кліщами та мікроорганізмами. В Україні зареєстровано

100 видів сільськогосподарських шкідників, які завдають шкоди зерну та зернопродуктам під час зберігання. Найбільш поширеними та небезпечними є клоп шкідлива черепашка та рисовий довгоносик, квасолева зернівка та горохова зернівка, жужелиця мала та велика, клоп шкідлива черепашка червона, південна клопашка та мідляк, хлібна жужелиця та квітковий кліщ.

Через високу потенційну здатність до розмноження шкідників зернових запасів їх чисельність різко зростає при тривалому зберіганні зернових продуктів і створенні сприятливих умов для розвитку комах. Живлячись зерном, шкідники забруднюють його екскрементами, скинутою шкірою, мертвими особинами, відмерлою деревиною та павутинням. Зерно злипається у грудки, ущільнюється, підвищується температура і вологість. З пошкодженого зерна виробляється низькоякісне борошно з поганими хлібопекарськими та смаковими якостями. Уражене зерно з більшою ймовірністю може бути заражене пліснявими грибами, які синтезують і виділяють токсичні плісняві токсини, отруйні для людей і тварин. Пліснявіння насіння є дуже небезпечним для насіння і значно знижує його здатність до проростання.

Стратегії захисту зернових запасів від шкідливих організмів ґрунтуються на поширенні, розмноженні та шкідливих властивостях шкідливих організмів відповідно до умов зберігання, способів і режимів зберігання зерна та зернопродуктів і являють собою поєднання низки профілактичних та контрольних заходів. Профілактичні заходи спрямовані на запобігання проникненню комах на склад і створення умов (контроль температури і вологості), що пригнічують їх розвиток і контролюють розмноження. Важливим етапом є підготовка об'єкта до приймання зерна, включаючи вологу дезінфекцію та фумігацію. Під час зберігання слід систематично контролювати його стан і за необхідності вживати заходів боротьби. На життєдіяльність шкідників зерна сильно впливає температура, причому тривалі низькі температури уповільнюють розвиток і розмноження, що призводить до поступової загибелі шкідників. Зерно слід охолоджувати

пасивними (відкривання дверей і вікон) або активними (вентиляція, подача зерна на конвеєрах) методами. Температуру зерна знижують до  $-5... -10^{\circ}\text{C}$  для повного знищення шкідників.

Своєчасне та якісне проведення перевірок для виявлення зараженості зерна та зерносховищ шкідниками може запобігти застосуванню заходів зі знезараження та захистити зернову продукцію від зараження та псування шкідниками. Зерно, що зберігається протягом тривалого часу, слід перевіряти регулярно, принаймні раз на місяць. Частота перевірок зерна на присутність шкідників залежить від вологості та температури зерна та його цільового використання. Зерно, контейнери, стіни, підлога та інші ділянки зерносховища повинні підлягати фітосанітарній перевірці. Відбір зразків і аналіз зараженості зерна проводиться відповідно до затверджених методів і стандартів. Для виявлення зараження шкідниками можуть використовуватися феромонні пастки та клейкові пастки. Виявлення зараженого зерна на ранніх етапах комірними шкідниками значно підвищує ефективність заходів боротьби з ними

Якщо зерно або зернопродукти заражені клопами, чисельність яких перевищує економічний поріг шкідливості і сприяє створенню умов для їх розмноження, необхідно..чисельність яких перевищує економічний поріг шкідливості і створює сприятливі умови для розмноження, слід негайно вжити спеціальних заходів боротьби. Хімічні методи, включаючи мокру обробку, аерозольну обробку та фумігацію, відіграють важливу роль у знищенні шкідників зерна є надзвичайно важливою. При виконанні обробок слід використовувати препарати, які дозволені для застосування у боротьбі зі шкідниками тварин, відповідно до «Переліку пестицидів і інсектицидів, дозволених для використання в Україні». Обов'язковою умовою для проведення таких обробок є залучення фахівця, який має відповідне посвідчення на право роботи із пестицидами. Важливо пам'ятати, що протруювання потрібно здійснювати при температурі зерна не нижче  $10-12^{\circ}\text{C}$ ,

коли шкідники активні. Під час обробок необхідно дотримуватись правил гігієни та техніки безпеки.

Крім шкідливих кліщів і комах, основним джерелом шкоди під час зберігання зерна є гризуни. Щури розмножуються за будь-яких погодних умов і завдають шкоди під час зберігання. Найефективнішими методами боротьби з гризунами є використання отруйних приманок. Принади слід розміщувати з інтервалом 2–15 м у де збираються гризуни.

Таким чином, всі засоби захисту використовуються комплексно з урахуванням систематичного регулювання видового складу, чисельності та рівня шкодочинності шкідливих організмів забезпечує захист зерна у сховищах надійним.

## **2.2 Механічні заходи**

До таких заходів відносяться очищення, сушка, розігрів, охолодження, заморожування [18].

Очищувальна машина призначена для знищення кліщів, борошноїдів, хрущака і його личинок, довгоносиків. Але що стосується зернових культур, то цей метод неефективний проти прихованих форм зараження зерна комірними довгоносиками, зерновими шовкопрядами, пожирачами горохового зерна, зерною міллю (їх розвиток відбувається в зернових культурах).

При механічній обробці кліщі найповніше відокремлюються при проходженні через сито з отворами 1,5x2 мм; довгоносики, мошки і клопи на житі відокремлюються до 2x2,5 мм; пшениці – до 2,2x2,5 мм; ячмені і вівсі – до 2,5x2,5 мм.

Для сушіння та дезінфекції зернових використовують стаціонарні та пересувні сушарки. Температура становить 50°C для пшениці та кукурудзи і 60°C для ячменю та соняшнику; при 50°C кліщі гинуть за 15 хвилин, а довгоносики – за 20–30 хвилин; при 60°C всі жуки і рухливі форми кліщів гинуть за 10 хвилин, а яйця – за 4–7 хвилин. Шкідники повністю гинуть при

температурі  $-5-10^{\circ}\text{C}$ , з обмеженим розмноженням і шкодою при  $+5-10^{\circ}\text{C}$ .(рис.2.2.1)



Рисунок 2.1 – Охолодження зерна

Зерносховища повинні бути опечатані для проведення фумігації та обладнані пристроями для обмеження доступу гризунів і птахів. Просипане зерно, сміття, залишки миття зерна та інші предмети, які можуть приваблювати шкідників, повинні бути прибрані з поточної ділянки, території зерносховища або господарського двору. Зернова техніка повинна бути ретельно очищена і зберігатися в окремому приміщенні.

Особливу увагу слід приділити ретельному очищенню тріщин у стінах, стовпах, балках, підлозі та на горищах. Стіни на складах і горищах слід побілити хлорним вапном.

Температурний режим має значний вплив на життєдіяльність амбарних шкідників. Тривалі періоди мінусових або мінімальних температур уповільнюють розвиток шкідників, тому охолодження зернових продуктів за допомогою пасивної (відкривання дверей і вікон) або активної вентиляції є дуже важливим, навіть у разі незначних похолодань.

Стан продукції, що зберігається, слід систематично контролювати. Це дає змогу вчасно виявити пошкодження, що самозігріваються, та шкідників і вжити відповідних заходів..

### **2.3 Біологічні методи**

Суть біологічних методів у захисті рослин використовувати природні вороги (хижаки, паразити та травоїдні тварини) та їх відходи проти шкідників для отримання високоякісної продукції, яка є екологічно безпечною при збереженні біорізноманіття.. Біологічні методи захисту рослин – методи спрямовані на регулювання чисельності шкідників.[19]

Бактеріальні, вірусні та грибкові інфекції, є складовими частинами екосистем природи та широко поширені в природньому середовищі та мають важливу роль у регулюванні кількості шкідливих комах у певних екологічних умовах.

Біологічні методи охоплюють три основні категорії заходів:

- Збереження та зміцнення природних популяцій ентомофагів і мікроорганізмів, які є корисними для захисту зерна в агроценозах
- Випуск лабораторно виведених ентомофагів у поле;
- Використання патогенних організмів та елементів їхньої життєдіяльності.

Кожен біологічний метод має свої особливості і є ефективним за деяких умов. Найкраще збереження природних елементів агроценозів є найкращим , доступним та ефективним.

Основними методами збагачення агроекології комахоїдними є: інтродукція та акліматизація комахоїдних (перенесення їх з однієї зони в іншу та присування до життя в нових умовах); внутрішнє переміщення спеціалізованих комахоїдних з старих середовищ шкідників до нових середовищ, де ці види відсутні або є малочисельними , а також сезонна колонізація, що складається зі штучного розмноження та щорічного випуску

комахоїдних. Це використовується для компенсації асинхронного розвитку паразитів і хижаків та їхніх первинних хазяїв.

Біологічні методи контролю широко застосовуються для боротьби з овочевими культурами в закритих приміщеннях, при цьому використовуються різноманітні біоциди.

Існування в природі широкомасштабних хвороб комах та їхня роль в зменшенні чисельності шкідників є умовою для штучного відтворення інфекції комах, тобто розвитку мікробіологічних методів боротьби з ними. Більшість типів організмів мають незвичну дію на певні типи шкідників і не діють безпосередньо на комахоїдів. Типова специфіка виражена для вірусних патогенів (гранулематоз, політрихоз). Менш специфічними є бактерії кристалоутворюючої групи та мускарії. Мікробні препарати, як правило, мають повільнішу дію, в порівнянні із хімічними інсектицидами, але ентомопатогенні мікроорганізми мають значні наслідки. Тобто, знижується плодючість комах, що вижили, і ще більше послаблюється життєздатність личинок.

На основі мікроорганізмів було розроблено кілька біопрепаратів, зокрема вітоксисабацилін, бовелін, білін, гаупсин, лепідоцид і фітовеллум. Біологічний контроль патогенів рослин базується на використанні міжорганізмових взаємовідносин, таких як антагонізм, конкуренція та гіперпаразитизм. Найбільш поширеними антагоністами є гриби *Trichoderma* та *Actinomycetes*, а також бактерії *Bacillus subtilis* зі спорами та види *Pseudomonas* без спор.

## **2.4 Хімічні методи**

Хімічні методи використовуються для дезінфекції складських приміщень, токів, складських територій, зерна, борошна та інших продуктів.

Для дезінфекції незавантажених приміщень застосовують вологе, аерозольне та фумігаційне оброблення [20].

Волога дезінфекція рекомендується в приміщеннях, де є кліщі, жуки та моль. Її слід проводити при температурі не нижче 12°C, коли шкідники активні, і перед засипанням нового зерна. Для цього використовують віялові обприскувачі. Одночасно дезінфікують навколишнє середовище, зерномийне обладнання, інвентар, конвеєри, дерев'яні щити та брезент.

Аерозольна дезінфекція застосовується, коли комора заражена небезпечними видами шкідників, а фумігація неможлива. Операція проводиться за допомогою спеціального аерозольного генератора.

Фумігація – це застосування пестицидів у вигляді газу або пари. Застосовується на складах, борошномельних заводах і для обробки зерна, борошна та інших сільськогосподарських продуктів у різних сферах застосування.(рис 2.2).



Рисунок 2.2 – Фумігація

Фумігація при температурі 5–10°C триває 10 днів, 11–15°C – 7 днів, 16–20°C – 6 днів, 21–25°C – 5 днів і 26°C і вище – 4 дні. Через 20 днів після фумігації доступ до об'єкта дозволяється.

Операції з вологої та аерозольної дезінфекції та фумігації проводяться спеціалізованими організаціями, які суворо дотримуються правил безпеки.

Протягом подальшого періоду зберігання слід регулярно контролювати стан зерна на предмет температури, вологості, зараженості шкідниками та пліснявою. При виявленні відхилень від норм слід вжити таких заходів: додаткове очищення, сушіння зерна, провітрювання приміщень, перелопачування, миття зерна або пропускання продукту через завантажувальний механізм, якщо це необхідно. При виявленні шкідливих організмів у невеликих кількостях у сховищах, насінні, продооольчому і фуражному зерні або продуктах його переробки слід суворо дотримуватися технічних правил і правил безпеки та вживати спеціальних заходів боротьби.

Для запобігання витрат під час зберігання найкращим варіантом з економічної та гігієнічної точки зору є обприскування (розпилення) Піригліном 50 НТ.

Небулізація – це технологія потокової обробки зерна, розроблена компанією General Insecticide Company (тепер Sojam).

Цей метод заснований на тому, що коли зерно подається в підйомник, воно рівномірно покривається частинками туману розміром 10–20 мкм, що виділяються з препарату.

Розпилення здійснюється шляхом одночасної подачі стисненого повітря та інсектициду в корпус спеціальної форсунки. Таким чином, препарат розпилюється на дрібні частинки відповідно до заданих параметрів (тиск повітря та швидкість подачі). Пілігрін 50 і НТ для небулайзерів – це готові до використання препарати .

## **2.5 Висновок**

Заражені партії зрна та зерно для тривалого зберігання необхідно обробляти, щоб усунути потенційні джерела інфекції в елеваторах. Крім того, конструктивні особливості зерносховищ і наявність робочих ємностей часто ускладнюють маніпуляції із зерном під час зберігання.

До фумігації найчастіше вдаються, коли рівень зараження високий, а запаси вже знаходяться на зберіганні. Однак слід розуміти, що якщо ситуація

дуже запущена, втрати зерна неминучі. На момент перевірки 10–15% пшениці може бути непридатним для використання в харчовій промисловості або як посівний матеріал.

Тому найкращим варіантом є попередня небулізація на стадії посіву. У цьому випадку зерно потрапляє до сховища вже незараженим. Воно захищене інсектицидами протягом 3–12 місяців, тому ризик повторного зараження відсутній. Такі запобіжні заходи набагато дешевші, ніж використання фумігації в майбутньому.

## РОЗДІЛ 3

### ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ТА АНАЛІЗ ОТРИМАНИХ РЕЗУЛЬТАТІВ

#### 3.1 Забезпечення туману

Форсунка 1/4 J 2850 S є компонентом систем розпилення, який використовується в різних галузях, таких як сільське господарство, промисловість, та обробка води (рис. 3.1) [21].

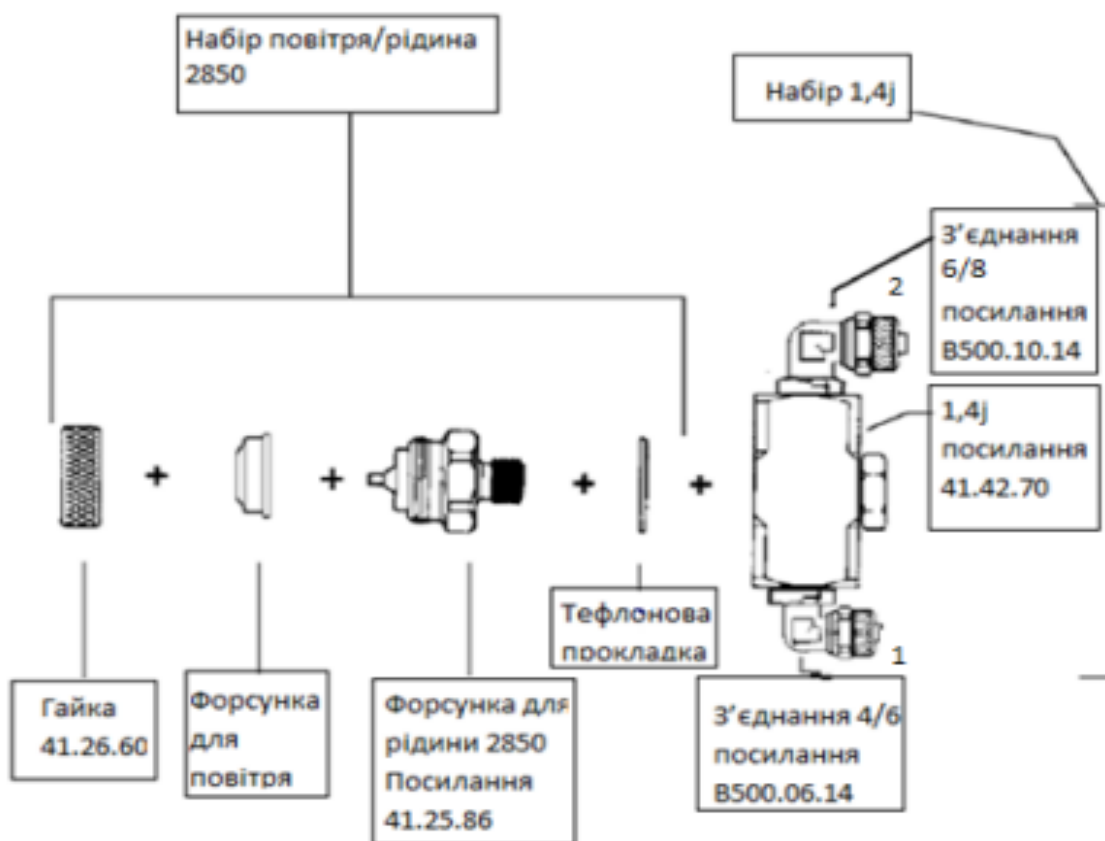


Рисунок 3.1 – Форсунка 1/4 J 2850 S [9]

Вона використовується в системі небулізації Tenor 90 S. Tenor 90 S— це напівмеханізована система обробки зерна в потоці, що надає нам низькі економічні витрати на її впровадження та збільшення збереження зерна. (рис. 3.2).



Рисунок 3.2 – Система небулізації TENOR 90 S

Форсунка 1/4 J 2850 S призначена для точного розпилення рідини . Діаметр розпилення форсунки 1/4 J 2850 S залежить від конкретних умов, таких як тиск і тип рідини, що використовується. Він коливається в межах 0,285мм ..Вона виготовлена із нержавіючої сталі. Працює під робочим тиском від 2 до 5 бар. За типом розпилення може бути плоским або конусним Завдяки тому що стиснене повітря та інсектицид одночасно подається у форсунку (рис. 3.3), створюється туман (густа хмара), що забезпечує покриття зерна рівномірним.

Трубка Ø6/8"  
призначена для  
подачі інсектициду



Трубка Ø8/10"  
призначена для  
подачі стиснутого повітря

Рисунок 3.3 –трубки для подачі повітря та інсектициду до форсунки .

### 3.2 Експериментальні дослідження

Для аналізу ефективності роботи препаратів небулізації в роботі було проведено порівняльний аналіз ефективності від застосування препаратів емульсійного концентрату для захисту зерна під час зберігання.

Перший препарат у формі емульсійного концентрату було визначено Бімакс (рис. 3.4). Перевагами Бімакс являється контроль над широким переліком хвороб та шкідників, рівномірний ефект захисту. [22]

Була застосована концентрація препарату в співвідношенні 1:1.



Рисунок 3.4 – Інсекто-фунгіцидний протруйник Бімакс

В якості другого перпарату (у формі готового емульсійного концентрату) було взято препарат Актеллік (рис. 3.5). Цей препарат ефективний проти шкідників та хвороб, а також для дезенфекції складських приміщень.



Рисунок 3.5 – Актелікт

Для процесу небулізації використовуємо готовий рідкий препарат «Пірігрєн 50, ХТ» Це інсектицид має ефект проти всіх амбарних комах і кліщів. «Пірігрєн 50, ХТ» призначений для обробки всіх видів зерна, крім олійних та бобоових культур. (рис. 3.6).



Рисунок 3.6 Препарат «Пірігрєн 50,ХТ»

Після застосування концентрату препарату протягом 70-90 годин він знищує всіх комах (табл. 3.1). Перевагами «Пірігрєн 50» є низькі витрати препарату, одноразова обробка, обробка підходить для будь-якого типу зерносховищ.

Таблиця 3.1 – Норми розведення препарату «Пірігрєн 50, ХТ»

Розведення	Контейнер 1000 л	Бочка 200 л	Каністра 25 л
8 л/100 т (12 міс)	12 500 т	2 500 т	313 т
6 л/100 т (6 міс)	16 700 т	3 333 т	417 т
4 л/100 т (3 міс)	25 000 т	5 000 т	625 т

Препарат небулізації – Гранпротек (рис. 3.7) надає тривалий захист зерна , а також підходить для обробки складських приміщень . Використовується із діючою речовиною дельтаметрином



Рисунок 3.7– Препарат небулізації Гранпротек.

При різному дозуванні препарату Гранпротек , отримаємо різний ступінь захисту зерна , що дає можливість продовжити термін зберігання (Табл. 3.2.).

Таблиця 3.2 – дозування Гранпротек

Залишкова дія	Доза	
	«Гранпротек, КЕ»	Дельтаметрину
6–9 місяців	1 л / 100 тонн	$N/2 = 0,25$ мг/кг
10 місяців	1,3 л / 100 тонн	0,33 мг/кг
12 місяців	2 л / 100 тонн	$N = 0,50$ мг/кг

Таким чином, для проведення аналізу було вибрано 4 препарату, порівняльні характеристики, яких представлено в табл. 3.3

**Таблиця 3.3 – порівняльна характеристика параметрів препаратів**

№ з/п	Назва характеристик	Назва препарату			
		Бімакс	Актеллік	Пірірген	Гранпротек
1	Спектр дії	Інсектицид (комахи, шкідники)	Інсектицид (комахи, сисні та гризучі)	Інсектицид, фунгіцид (шкідники, грибки)	Фунгіцид (грибкові захворювання)
2	Тип дії	Системний, контактний	Системний	Контактний, системний	Контактний, системний
3	Форма випуску	Розчин для обприскування	Розчин для обприскування	Порошок, гранули для насіння	Гранули, порошок для насіння
4	Токсичність	Токсичний для бджіл	Середня, токсичний для бджіл	Помірно токсичний для людей	Низька токсичність
5	Період очікування	7-14 днів	7-10 днів	7-14 днів	7-14 днів
6	Екологічна безпека	Небезпечний для бджіл	Небезпечний для бджіл	Менш токсичний для бджіл	Безпечний для бджіл

### **Висновок**

Бімакс та Актелікт — це інсектициди з однаковою активною речовиною (імідаклопрід), які мають схожий спектр дії, проте Актелікт має трохи більшу універсальність у способах застосування. Однак обидва препарати мають високу токсичність для бджіл

Пірірген має комплексну дію як інсектицид і фунгіцид, що робить його ефективним для боротьби з різноманітними шкідниками та грибковими захворюваннями.

ГранПротек — це фунгіцид, який має більш низьку токсичність та використовується переважно для обробки насіння, бореться з грибковими інфекціями зерна.

### 3.3 Методика визначення якості дії препарату

Для визначення якості дії препарату було здійснено оброблення зерна пшениці в розмірі 1000 зернин. Які після оброблення було розміщено в ємності. Для забезпечення статистичної значимості експерименту для кожного препарату було використано по 3 ємності в яких було розміщено тисячу оброблених зернин в кожному. Далі відповідні ємності було розміщено в різні кутки складського приміщення підприємства ТОВ «ПОСТІЛ М. І.». Для оцінювання економічного ефекту від запровадження процесу оброблення зерна було заповнено 3 додаткові ємності зерном без обробітку.

Зерно зберігалось у відповідних ємностях (пластикові відра об'ємом 3 літри) протягом 6 місяців без закривання кришкою. За цей час зерно періодично провітрювалось за допомогою пересипань відповідно до технології зберігання зерна.

Оброблення зернових проводилося за допомогою ручного насосу ,(рис. 3.8)



Рисунок 3.8 – Інструменти для проведення дослідження

Далі в роботі було проведено дослідження якості зберігання зернових. В якості інструменту з дослідження було використано оптичну камеру мобільного телефону Samsung S20 та ваги кухонні. Технічні характеристики камери та ваг представлено в табл. 3.4

**Таблиця 3.4 –Технічні характеристики камери та ваг**

№ з/п	Технічні харартеристики	Samsung S 20	КУХОННІ ВАГИ SF400
1	Розширення фронтальної камери	32 МП	–
2	Максимальна вимірювана вага:	–	10 кг
3	Крок виміру	–	1г

Під час проведення досліду, протягом 6 місяців , кожен із 5 екземплярів по різному проявив свій рівень захисту .Перший та другий екземпляр показали подібні один одному результати при ,яких відсоток пошкодженого зерна не перевищував 84 %.Основними їх мінусами стала черня (рис.3.9)



**Рисунок 3.9 –Зараження першого і другого екземпляра**

Головними дослідницькими препаратами були «Пірірген» та Гранпротек, які показали в порівнянні із конкурентами кращий результат (рис3.10). Ці препарати показали майже відмінний результат 97%.



Рисунок 3.10 – результат дослідження третього та четвертого екземпляра

При дослідженні нульового обробітку зерна отримуємо найменші показники збереженого зерна 52 %. Головним шкідником при нульовому обробленні стали щури , та пліснява (рис. 3.11)



Рисунок 3.11 – результати дослідження 5 експеримента.

Після проходженню терміну зберігання та проаналізувавши стан збереженого зерна їхні дані порівнюємо в табл. 3.5. Кожен екземпляр має свою унікальність. При обробленні препаратами захисту головним шкідливим чинником стала пліснява. Зерно яке не підлягало захисту було заражене найбільше, але головним чинником стали щури та пліснява

Таблиця 3.5– порівняльна характеристика проведених досліджень

№ з/п	Характеристика зерна	Назва препарату				
		Бімакс	Актеллік	Пірірген	Гранпротек	Нульовий обробіток
1	% збереженого зерна (1 відро)	84	81.7	96.7	97	49
2	% збереженого зерна (2 відро)	83.6	82.1	97.3	96.9	51
3	% збереженого зерна (3 відро)	83.8	82.2	97.2	97.1	55
4	Головні шкідники	Пліснява	Пліснява	Пліснява	Пліснява	Пліснява та щури

За результатами експерименту встановлено, що для відповідних виробничих умов найкращий результат показало зерно оброблено препаратом «Перірген 50». Завдяки обробки зерна цим препаратом відсоток збереження зернових в порівнянні з зерном, що не оброблялося показано на рисунок 3.11

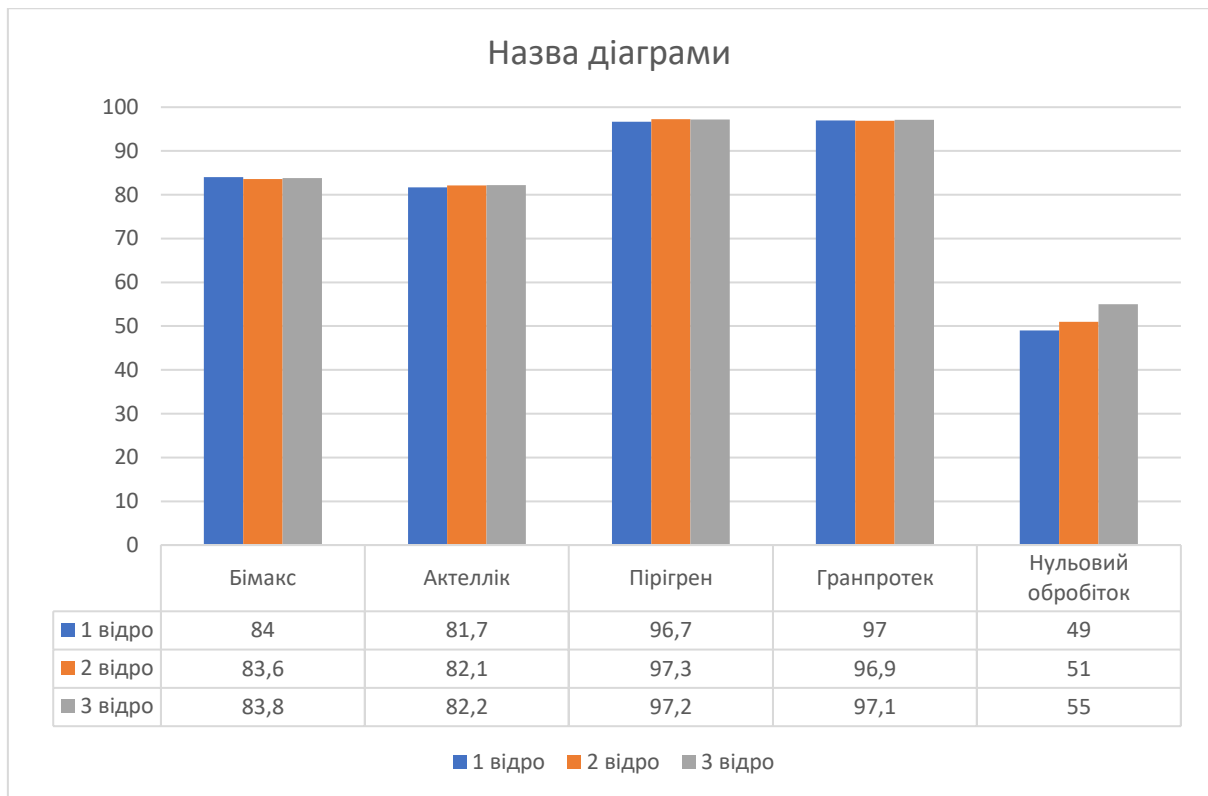


Рисунок 3.11 – Відсоток якісного зерна після 6 місяців зберігання (за результатами виробничого експерименту)

Таким чином, за результатами виробничого експерименту було отримано наступний результат: завдяки обробці зерна в потоці (небулізація) препаратом «Періген 50» відсоток втрат буде складати менше 2 процентів. Це суттєво покращить економічну рентабельність виробництва та зберігання зерна на підприємстві. Найбільший ефект від захисту зернових можна отримати за результатами впровадження автоматизації відповідного процесу оброблення зернових під час їх розміщення на складі. Приклад автоматизованої системи представлено на рис. 3.12 [23].

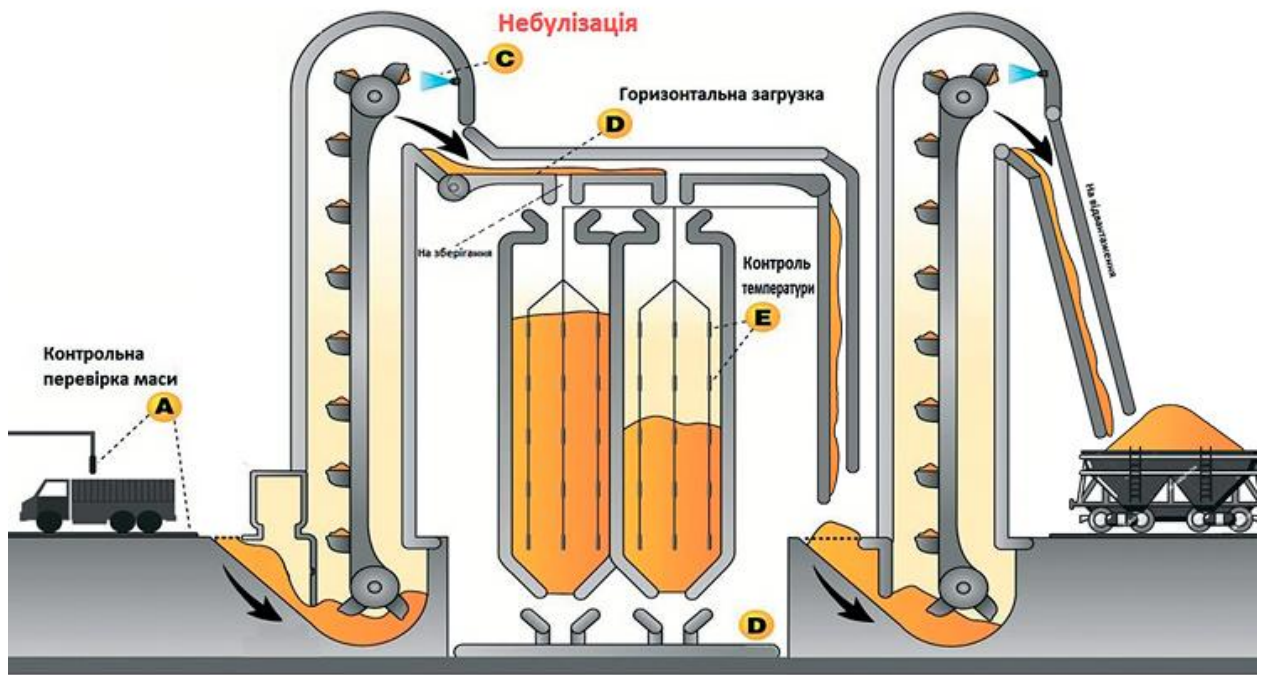


Рисунок 3.12 – Автоматизований процес небулізації

Відповідна автоматизована система має ряд переваг над своїми конкурентами. (рис. 3.13). Незважаючи на витрати які спрямовані на встановлення системи небулізації її ефективність дає можливість отримати вищий % збереженого зерна.

**СЕРІЯ «MAJOR G»**

Прилад забезпечений насосом G з корпусом з нержавіючої сталі, індикатором витрати, автоматикою, суматором та Altivar

До 1125 т зерна/год.



Переваги:

- Точність застосовуваної дози
- Робота приладу автоматизована
- Необмежена кількість точок обробки
- Захист від надлишкового тиску

Рисунок 3.13 – Автоматизована система MAGOR G200

Для використання такого процесу на невеликих підприємствах можна використовувати систему небулізації TENOR 90S (Рис.3.14) Завдяки своєму універсалізму ця система використовується на ємностях від 20 літер до 200 літер , що дозволить нам захистити зерно великих об'ємів

**СЕРІЯ «TENOR»**  
Невеликого розміру,  
переносний, простий у  
використанні,  
економічний пристрій  
До 375 Т зерна / год.



Перевага: Точність дози,  
що використовується



Рисунок 3.14 – система небулізації TENOR 90S

**РОЗДІЛ 4**  
**РОЗРАХУНОК ЕКОНОМІЧНОГО ЕФЕКТУ**  
**ВПРОВАДЖЕННЯ АВТОМАТИЗАЦІЇ**

**4.1 Вхідні данні для проведення розрахунків**

Вартість препаратів для обладнання системою небулізації спрямовано як і на повністю автоматизовану систему так і напівавтоматизовану (Табл.4.1)

Таблиця 4.1 – вартість установок для процесу обробки зерна

<b>№ зп</b>	<b>Назва установки</b>	<b>Вид автоматизації</b>	<b>Вартість, тис. грн.</b>
1	Тенор 90 S	Напівавтоматизована	50–150
2	MAGOR G 200	Автоматизована	100–400

Для використання автоматизованої системи MAGOR G 200 потрібне додаткове обладнання табл. 4.2.

Таблиця 4.2 – Додаткове обладнання

<b>№ зп</b>	<b>Обладнання</b>	<b>Орієнтовна вартість тис. грн</b>
1	Бункер для зберігання зерна	200–1000
2	Транспортер	50–400

Вартість робіт із встановленням бункера та системи небулізації табл. 4.3.

Таблиця 4.3 – Вартість робіт із встановленням бункера та системи небулізації

<b>№ зп</b>	<b>Назва робіт</b>	<b>Вартість робіт, тис. грн</b>
1	Монтаж бункера та транспортера	100–250
2	Встановлення систем небулізації	10–50

Вартість зерна та роботи із його обробленням (табл. 4.4)

Таблиця 4.4 – Вартість зерна та роботи із його обробленням

№ зп	Зерно	Вартість зерна Тис. грн	Вартість роботи грн./т	Вартість вирощування 1 га, тис. грн
1	Пшениця	8	600	20

#### 4.2 Методика розрахунку

В роботі виконано плановий розрахунок застосування системи ... для підприємства ... За базове значення обігу зерна було прийнято середньостатистичне значення обігу пшениці по підприємству за три попередні роки та склало 80 т. пшениці.

Термін окупності встановлення системи небулізації

$$H = \frac{CI}{P_i}, \quad (4.1)$$

де  $CI$  – сума інвестицій, грн.  
 $P$  – річний дохід, грн.  
 $H$  – термін окупності, грн.  
Сума інвестицій, грн.

$$CI = K + N, \quad (4.2)$$

де  $K$  – витрати на обладнання, грн.  
 $N$  – вартість роботи із зерном та обладнанням, тис.грн  
Напівавтоматизована системи

$$CI_1 = 100000 + 130000 = 230000 \text{ (грн).}$$

Автоматизовану систему

$$CI_2 = 450000 + 130000 = 580000 \text{ (грн.)}$$

Валовий збір 20 га. пшениці (т)

$$C = S * E \quad (4.3)$$

де S – посівна площа пшениці, га.

E – урожайність пшениці, т.га.

$$C = 20 * 4,4 = 88 \text{ (т).}$$

Витрати на посів 20 га. пшениці (грн.)

$$Q = 20 * T \quad (4.4)$$

T – витрати на посів, підживлення і роботу із пшеницею (15000 грн )

$$Q = 20 * 1500 = 300000 \text{ (грн.)}$$

Річний дохід при 100% захисті зерна. (грн)

$$P = C * k - Q \quad (4.5)$$

k – вартість 1 т пшениці (8.4)

$$P = 88 * 8.4 - 300000 = 439000 \text{ (грн.)}$$

Порівняння ефективності системи небулізації та емульсійного концентрату

Річний дохід при використанні системи небулізації

$$P_n = \frac{P}{100} * H \quad (4.6)$$

H– відсоткове значення, яке отримали із дослідження (99%).

$$P_n = \frac{439000}{100} * 97 = 425830 \text{ грн.}$$

Річний дохід при використанні іншого емульсійного концентрату

$$P_e = \frac{439000}{100} * 82 = 359980 \text{ грн.}$$

H– відсоткове значення, яке отримали із дослідження (82%).

Річний дохід дохід при використанні нульового оброблення зерна

$$P_n = \frac{439000}{100} * 52 = 228280 \text{ грн}$$

Річний дохід від системи небулізації (грн.) в порівнянні із фумігацією

$$P_i = P_n - P_e \quad (4.7)$$

$$P_i = 434610 - 359980 = 74630(\text{грн.})$$

Річний дохід від системи небулізації (грн.) в порівнянні із нульовим обробітком

$$P_i = 434610 - 228280 = 206330(\text{грн.})$$

Термін окупності системи небулізації (напівавтоматичної) в порівнянні із фумігацією в роках

$$H_{a1} = \frac{230000}{74630} = 3$$

Термін окупності системи небулізації (напівавтоматичної) в порівнянні із нульовим обробітком в роках

$$H_{a2} = \frac{230000}{206330} = 1$$

Термін окупності системи небулізації (автоматичної) в порівнянні із фумігацією в роках

$$H_{m1} = \frac{580000}{74630} = 8$$

Термін окупності системи небулізації (автоматичної) в порівнянні із нульовим обробітком в роках

$$H_{m2} = \frac{580000}{206330} = 3$$

### **4.3 Висновок**

Провівши порівняльний аналіз ефективності системи небулізації проти фумігації, ми отримали такі результати (табл.4.3)

Таблиця 4.3 – Дані обчислення ефективності систем небулізації, фумігації та нульового обробітку

№ зп	Річний дохід			Ефективність впровадження	
	при використанні системи небулізації Грн.	при використанні системи фумігації Грн	при використанні нульового оброблення зерна Грн.	Система небулізація проти фумігації Грн. /р	Система небулізації проти нульового обробітку Грн./р
1	434610	359980	228280	74630	206330

За даними таблиці ми бачимо, що система небулізації має кращу ефективність чим її конкуренти. Впровадження небулізації дає змогу отримати додатковий відсоток збереження зерна , що дає нам додатковий дохід. (табл.4.4) Ефективність системи дозволяє протягом декількох років перекрити витрати на впровадження системи небулізації.

№ з/п	Порівняльн а система	Термін окупності системи небулізації (автоматичної) в роках	Термін окупності системи небулізації(напівавтом атичної) в роках
1	Система фумігації	8	3
2	Нульовий обробіток	3	1

Впровадження більш сучасних систем дозволяє покращити якість захисту зерна , що в свою чергу підвищує економічну ефективність .

## ВИСНОВКИ

В результаті проведених досліджень нами було встановлено, що завдяки впровадженню системи небулізації, ефективність зберігання зерна значно зросла.

В роботі ми оцінили п'ять експериментальних препаратів із використанням різних систем оброблення зерна.

У результаті досліджень робимо такі висновки:

При одиноковому догляді за зерном, але при різній обробці для захисту зерна, ми отримуємо різний % збереженого зерна. Використовуючи систему небулізації, ми отримуємо результат збереженого зерна 99%, проти його конкурентів, які отримали за результатами досліджень 82% збереження зерна.

Завдяки впровадженню системи небулізації ми отримаємо майже 100% захисту зерна, який нам надає такі переваги, як підвищення ефективності захисту зерна та збільшення прибутку підприємства. Ефективність використання системи дозволяє отримати швидке повернення вкладених інвестицій в її встановлення.

Впровадження автоматизованих систем дозволить підприємству підвищити ефективність захисту зерна, полегшити роботу із ним, та отримати додатковий дохід, що дасть підприємству вийти на новий рівень.

## ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАНЬ

1 Економічні витрати ,які пов'язані із псуванням зерна [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://zeo.ua/article/dosvid-realizaciji-innovaciynih-tehnologichnih-rishen>

2 Аграрний сектор України у 2023 році: складові стійкості, проблеми та перспективні завдання [Електронний ресурс]. – Режим доступу :<https://niss.gov.ua/doslidzhennya/ekonomika/ahrarynyy-sektor-ukrayiny-u-2023-rotsi-skladovi-stiykosti-problemy-ta>

3 Економічний вплив на економіку країни [Електронний ресурс]. – Режим доступу :<https://dpssc.gov.ua/fitosanitariia-kontrol-u-sferi-nasinnystva-ta-rozsadnystva/aktualna-informatsiia/2597/protsezy-iaki-prokhodiat-v-zerni-pidchas-zberihannia-ta-vplyvaiut-na-ioho-iakist.html>

4 Вивчення та аналіз сучасних методів захисту зерна під час його зберігання [Електронний ресурс]. – Режим доступу: [https://agrovisnyk.com/pdf/ua\\_2018\\_11\\_20.pdf](https://agrovisnyk.com/pdf/ua_2018_11_20.pdf)

5 Офіційни сайт державної служби статистики України [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://ukrstat.gov.ua>.

6 Атлас світових даних [Електронний ресурс]. – Режим доступу: [https://niss.gov.ua/sites/default/files/202202/gynokzerna\\_gavrylenko\\_0422022.pdf](https://niss.gov.ua/sites/default/files/202202/gynokzerna_gavrylenko_0422022.pdf)

7 Динаміка зростання врожайності основних зернових культур в Україні у 2005–2024 рр [Електронний ресурс]. – Режим доступу <https://niss.gov.ua/doslidzhennya/ekonomika/ahrarynyy-sektor-ukrayiny-u-2023-rotsi-skladovi-stiykosti-problemy-ta>

8 Топ-10 виробників та експортерів зернових в Україні [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://agravery.com/uk/posts/show/top-10-kompanij-eksporteriv-zernovih-z-ukraini>

9 Динаміка співвідношення експорту та імпорту зернових в Україні у 2000-2024 роках [Електронний ресурс]. – Режим доступу <https://index.minfin.com.ua/ua/economy/gdp/eximp/>

---

10 Товарна структура експорту зерна з України на світові аграрні ринки у 2024 році [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://ukragroconsult.com/ukrayina-eksport-zernovyh-ta-olijnyh-kultur-za-2022-rik/>

11 топ-10 експортерів зерна у 2020-2024 роках [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://forbes.ua/ru/news/naybilshimi-eksporterami-zerna-v-sezoni-20222023-stali-kernel-louis-dreyfus-company-ta-cargill-30102023-16957>

12 Проблеми захисту зерна під час зберігання [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://landlord.ua/agrolife-en/yak-zberigati-zerno-najkrashi-poradi-ta-rekomendatsiyi-dlya-fermeriv/>

13 Білецький В.Р., Семенчук П.В., Хоменко С.М. Аналіз існуючих способів зберігання насінневого зерна. XII Міжнародна науково-технічна конференція «Технічний прогрес у тваринництві та кормовиробництві» (02-20 жовтня 2023 р.). URL: <http://animal-conf.inf.ua/conf.html> (дата звернення 21.11.2023).

14 Силосне обладнання для зберігання зерна Gomez M.I., House L.R., Rooney L.W., Dendy D.A.V. (Eds.) Utilization of Sorghum and Millets. ICRISAT, 1992. 228 p.

15 Методи захисту зерна під час зберігання [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://trotec.com.ua/uk/blog/zberigannya-zernovyh-kultur>

16 Метод зберігання зерна у вакуумі [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://dpssc.gov.ua/fitosanitariia-kontrol-u-sferi-nasinnystva-ta-rozsadnytstva/aktualna-informatsiia/2597/protsezy-iaki-prokhodiat-v-zerni-pid-chas-zberihannia-ta-vplyvaiut-na-ioho-iakist.html>

17 Зберігання зерна та запобігання поширенню хвороб і шкідників [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://lvivdpss.gov.ua/pravylni-umovy-zberihannia-zerna-zaporuka-zberezhenia-yoho-iakosti-ta-zakhystu-vid-shkidnykiv>

---

18 Основні методи захисту зерна [Електронний ресурс]. – Режим доступу: [bing.com/ck/](http://bing.com/ck/)

19 Біологічні методи [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <https://superagronom.com/slovník-agronoma/biologichniy-metod-zahistu-roslin-id20043>

20 Хімічні методи боротьби із шкідниками [Електронний ресурс]. – Режим доступу ; <https://sojam.ua/shcho-krashche-nebulizaciya-fumigaciya/>

21 СИСТЕМА НЕБУЛІЗАЦІЇ TENOR 90 S шкідниками [Електронний ресурс]. – Режим доступу <https://sojam.ua/wp-content/uploads/2023/02/Posibnyk-TENOR-1.pdf>

22 Препарати емульсійного типу [Електронний ресурс]. – Режим доступу <https://superagronom.com/shkidniki>

23 Система холодної небулізації MAJOR G200 [Електронний ресурс]. – Режим доступу <https://sojam.ua/wp-content/uploads/2023/02/Mazhor-A5-Sozham-1.pdf>