

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 другим (магістерським) рівнем вищої освіти
на тему: «Обґрунтування технічного забезпечення зберігання зерна в умовах
аграрних підприємств Сумського району»

Виконав:

_____ (підпис)

Кобзар О.Ю.
(Прізвище, ініціали)

Група:

СТЗ 2301-1м

(Науковий) керівник:

_____ (підпис)

Харченко Ф.М.
(Прізвище, ініціали)

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
СУМСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет інженерно-технологічний

Кафедра агроінжинірингу

Ступінь вищої освіти «Магістр»

Спеціальність 208 Агроінженерія

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

агроінжинірингу

_____ Шуляк М.Л.

“__” __ 202 року

З А В Д А Н Н Я
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧУ ВИЩОЇ ОСВІТИ

_____ Кобзар Олександра Юрійовича

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи: «Обґрунтування технічного забезпечення зберігання зерна в умовах аграрних підприємств Сумського району» _____,

керівник роботи: _____ Харченко Фаріду Магомедівну, к.т.н., доцента _____,
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом закладу вищої освіти від “__” _____ 202_ року
№ _____

2. Строк подання здобувачем роботи: “__” __ 202 року.

3. Вихідні дані до роботи: довідникова література; посібники; наукові журнали з даної тематики; статті з наукових збірників; монографії, тощо за темою наукового дослідження; Інтернет джерела; методичні рекомендації для виконання проекту (роботи). _____

4. Зміст пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити):

Вступ. _____

Розділ 1. Огляд технологічних процесів сушки та зберігання зерна. _____

Розділ 2. Зберігання зерна. _____

Розділ 3. Дослідження механіко-технологічних властивостей зерна. _____

Список використаних джерел. _____

Висновки. _____

Додатки. _____

5. Перелік графічного (ілюстративного) матеріалу:

Презентація у Microsoft Office Power Point (слайд-презентація).

6. Консультанти розділів роботи:

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв

7. Дата видачі завдання: “__” ____ 202 року

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів кваліфікаційної роботи	Погоджено з керівником кваліфікаційної роботи
1.	Збір інформації		
2.	Аналіз літературних джерел з обраної тематики		
3.	Складання плану роботи		
4.	Написання вступу		
5.	Написання 1 розділу «Аналітична частина»		
6.	Написання 2 розділу «Основна частина»		
7.	Написання 3 розділу «Досліджувальна частина»		
8.	Написання висновків		
9.	Подання роботи на перевірку унікальності до експертної ради факультету		
10.	Подання роботи на рецензування		
11.	Подання роботи до попереднього захисту		

Здобувач вищої освіти

_____ (підпис)

Кобзар О.Ю.

_____ (прізвище та ініціали)

Керівник кваліфікаційної роботи

_____ (підпис)

Харченко Ф.М.

_____ (прізвище та ініціали)

РЕФЕРАТ

Обсяг пояснювальної записки складає 45 аркушах друкованого тексту (шрифт Times New Roman), 8 рисунків, 2 таблиць, 5 діаграм, 13 літературних джерел та слайди.

Метою даної роботи є аналіз способів зберігання та технічне забезпечення,

Об'єктом даної роботи є технологічний процес зберігання зерна та енергетичні засоби що використовуються для даної операції.

Проаналізовано технології зберігання зерна. Проведена оцінка та обґрунтування показників під час зберігання зерна на підприємстві. Технологічні операції та вимоги до них. Обґрунтовано технології зберігання зерна одна від одної з порівняльною оцінкою технічного забезпечення для виконання даної операції. Проведені дослідження по визначенню механіко-технологічних властивостей сільськогосподарських матеріалів, а саме визначення коефіцієнтів тертя сипких матеріалів та кута природного укосу. Зроблені розрахунки по визначенню коефіцієнта внутрішнього тертя; кута тертя та щільності сипкого матеріалу.

ЗЕРНО, СПОСОБИ ЗБЕРІГАННЯ, МАЙДАНЧИК, СКЛАД, МЕТАЛЕВИЙ СИЛОС, ЕЛЕВАТОР, ЯКІСТЬ ЗЕРНА, ШАХТА, ПРОДУКТИВНІСТЬ СУШАРКИ, ВОЛОГІСТЬ, ТЕМПЕРАТУРА, ЗБЕРІГАННЯ ЗЕРНА, ПОСІВНІ ВЛАСТИВОСТІ, ПОЛІЕТИЛЕНОВИЙ РУКАВ, ПРОДУКТИВНІСТЬ, ЗЕБРАНА МАСА, МЕХАНІКО-ТЕХНОЛОГІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ, СТАТИЧНИЙ ТА ДИНАМІЧНИЙ КОЕФІЦІЄНТ, ШПАРУВАТИСТЬ, КОЕФІЦІЄНТ ВНУТРІШНЬОГО ТЕРТЯ.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	6
РОЗДІЛ 1. ОГЛЯД ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ СУШКИ ТА ЗБЕРІГАННЯ ЗЕРНА.....	9
РОЗДІЛ 2. ЗБЕРІГАННЯ ЗЕРНА.....	16
2.1. Способи зберігання зерна.....	16
2.2. Технічне забезпечення зберігання зерна.....	18
РОЗДІЛ 3. ДОСЛІДЖЕННЯ МЕХАНІКО-ТЕХНОЛОГІЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ЗЕРНА.....	24
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	35
ВИСНОВКИ.....	38
ДОДАТКИ.....	39

ВСТУП



Процес сушіння зерна є одним із найважливіших етапів обробки збіжжя і підготовки його до зберігання. Треба не просто висушити зерно до певної вологості, ще більш важливо — щоб у процесі сушки воно не втратило своїх якісних показників. Слід пам'ятати, що порушення встановлених режимів і правил технічної експлуатації сушарок може негативно вплинути на якість зерна, перш за все на життєздатність і органолептичні показники. Основним завданням сушки зернових і олійних культур є зниження вологості осушеного продукту до значень, при яких зерно можна безпечно закласти на тривале зберігання. При правильно підбраному режимі сушіння також відбувається фізіологічне дозрівання зерна і поліпшення його якості. Суть сушки полягає у випаровуванні вологи із зерна, внаслідок чого в ньому збільшується відносний вміст сухої речовини [1].

Вологість свіжозібраної зернової маси завжди перевищує оптимальну. Відомо, що зерно здатне перебувати в анабіотичному стані лише у сухій зерновій масі. Отже, аби підтримати високу якість зерна, його потрібно зберігати сухим. Саме процес сушіння має видалити з зернової маси вологу, довести зерно до сухого стану і створити безпечні умови його зберігання. Тож аби якісно та якомога дешевше висушити зерно, необхідно правильно обрати зерносушильне обладнання. Аби не помилитися з вибором зерносушильного обладнання потрібно врахувати, які культури переважають у господарстві. Варто скласти перспективний план вирощування зернових культур у найближчі роки. Це дасть змогу обрати відповідний тип сушарки. Важливо також, чи планує господарство користуватись комплексом лише для власних потреб, чи надаватиме послуги іншим аграрним підприємствам [2].

Сушка зернових культур є основним і дуже важливим технологічним процесом для виведення надмірної вологи зерна. Цей процес дозволяє довести його до сухого стану. У тому випадку, якщо сушка пройде якісно та успішно, можна розраховувати на надійне і тривале збереження всієї продукції. Саме тому в цьому процесі дуже важливою є робота якісного відповідного обладнання – зерносушарки. Наш завод з радістю може запропонувати Вам надійні шахтні зерносушарки, які призначені для сушіння зерна пшениці, кукурудзи та соняшнику. Ми займаємося виготовленням високоякісного обладнання тільки з міцних матеріалів, тому повністю впевнені в їх абсолютній ефективності і надійності [3].

Сушарки шахтного типу використовуються для сушіння великих об'ємів зерна. Вони забезпечують рівномірний розподіл тепла по всій масі зерна, що дозволяє уникнути перегріву та підгоряння [3].

Барабанні сушарки відрізняються своєю простотою конструкції та високою ефективністю. Вони складаються з обертового барабана, через який проходить зерно, піддаючись впливу гарячого повітря. Одним з головних критеріїв вибору обладнання є його продуктивність. Вона повинна відповідати обсягам зерна, яке потребує сушіння. Важливо враховувати сезонні коливання врожайності та можливі перспективи зростання виробництва. Енергетична ефективність. Висока енергетична ефективність обладнання дозволяє зменшити витрати на енергоносії та знизити загальні витрати на сушіння зерна. Радимо звернути увагу на моделі з рециркуляцією повітря та автоматичним регулюванням температури. Ціна обладнання для сушки зерна може значно варіюватися в залежності від типу, продуктивності та додаткових функцій. Необхідно знайти баланс між вартістю та якістю, враховуючи також витрати на обслуговування та експлуатацію [3].

Найпоширенішими видами зберігання зерна в Україні є зберігання у складах, силосах елеваторів або ж зернових рукавах. Для всіх цих видів сховищ є нюанс — кукурудза в них зберігається вже висушеною. Силоси на елеваторах — високотехнологічний варіант зберігання зерна. Силоси можуть

бути різних видів — залізобетонні чи металеві, круглого чи квадратного перетину. Але кожен забезпечує найтриваліше зберігання очищеного зерна. В середньому зерно може зберігатися на елеваторі до року [4].

Вітчизняний ринок є привабливим для більшості потужних виробників зерносушильного обладнання у світі. Наразі в Україні, окрім обладнання найбільших світових виробників — США та ЄС, є сушарки, вироблені в Китаї, Польщі, Туреччині. Серед вітчизняних виробників зерносушильного обладнання на внутрішньому ринку більш широко представлена продукція ПАТ «Карлівський машинобудівний завод» KMZ Industries (м. Карлівка Полтавської області) та ТОВ «Маловисківський завод сушильного та елеваторного обладнання» (с. Мар'янівка Кіровоградської області). На Полтавщині, зокрема, займаються виробництвом шахтних зерносушарок безперервної дії (потоківих): ДСП-25, А1-ДСП-50, 2?А1-ДСП-50; періодичної дії (порційні): ДСП-10 и ДСП-20; модульних сушарок зерна Brice-Baker потужністю 25, 49, 112 і 156 т/год. Маловисківський завод постачає споживачам внутрішнього та зовнішнього ринків модульні сушарки зерна «Сапфір» [22].

Сушіння зерна є основним процесом у технології післязбиральної обробки зерна, який впливає на тривалість зберігання та собівартість зібраного врожаю. Тож процесам доведення зерна до вимог державних стандартів необхідно приділяти належну увагу, адже від якості їхнього проведення залежатиме ціна зерна під час його реалізації. Сушіння зерна на власному обладнанні є економічно вигіднішим порівняно з отриманням зовнішніх послуг. При цьому необхідно приділяти велику увагу вибору такого обладнання. Бажаним при зростанні внутрішніх витрат є придбання нового зерносушильного обладнання або реконструкція наявного. Ефективними при цьому вважаються проекти з терміном окупності до трьох років [22].

РОЗДІЛ 1.

ОГЛЯД ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ СУШКИ ТА ЗБЕРІГАННЯ ЗЕРНА



Основним етапом під час підготовки зерна до зберігання є його сушіння (чи досушування).

Виконання даної операції необхідно робити з врахуванням технічних

експлуатаційних даних, а саме порушення яких призведе до погіршення якості зерна (втрата життєздатності та органолептичних показників).

Технологічний процес сушіння необхідна операція при допомозі якої відбувається виділення з зерна (зернова маса) зайву вологу, та довести масу до сухого стану, що в свою чергу створить безпечні умови для зберігання.

Необхідно враховувати під час вибору сушки наступні елементи: температура повітря що буде подаватись на масу, вологість зерна та час який нам необхідно для висушування зерна. Також необхідно враховувати що нагріте та сухе зерно (зернова маса) обов'язково необхідно охолодити, щоб запобігти всмоктування вологи (через конденсацію) під час охолодження.

Сушіння зерна в зерносушарках та природне суттєво різні. Тому під час вибору способу сушіння необхідно враховувати багато факторів та показників.

Під час сушіння необхідно дотримуватись встановлених правил експлуатації (режимів сушіння), порушення яких призведе до погіршення посівних властивостей (зниження схожості та енергії проростання); погіршення властивостей харчування.

Для якісного протікання процесу сушіння зернової маси, повітря повинно рівномірно поширюватись по всьому об'єму.

Конвективний метод є найкращим способом сушіння зерна. Даний метод передбачає передачу тепла нагрітого повітря до зерна. Теплота необхідна для нагрівання зерна та вологи, останнього до температури випаровування. Температура теплоносія напряду впливає на нагрів зерна. Отже чим більше теплоносія подається в сушильну камеру тим швидше він потрапляє в простір між зерном, а отже відбувається швидше висушування зернової маси.

Забезпечення найбільшої продуктивності сушарки та збереження (навіть поліпшення) якісних показників зернової маси – є оптимальним режимом роботи сушарки. Так якщо вологість зерна висока то температура носія під час нагріву повинна бути невисокою. Якщо знижується вологість зерна то термостійкість підвищується, тому якщо неможливо конструкцією сівалки регулювати режими сушіння, то рекомендовано висушувати зернову масу на два, ато і три пропуски. Витрата сушаркою палива на пряму залежить від: матеріалу що будемо сушити (його призначення); значення попередні по його вологості та засміченості та інших показників.

Отже для вибору сушарки необхідно дотримуватись декількох критерій (рис. 1.1).

Таким чином, при виборі сушарки варто звернути увагу на наступні критерії:

продуктивність повинна відповідати масштабам господарства, оскільки недостатньо завантажена сушарка значно підвищить собівартість сушки;

слід орієнтуватися на оптимальне співвідношення «ціна-продуктивність-собівартість робіт»;

технологічні процеси сушки повинні бути автоматизовані і контрольовані з мінімальною можливістю впливу людського фактора;

паливо, що використовується, має бути доступним і недорогим, тепло — мінімально втрачатися та рекуперуватися;

обслуговування повинно бути зручним, що не тільки підвищує продуктивність сушарки, а й значно підвищує термін її використання.

Рис. 1.1. Критерії вибору сушарки [1]

Одним з критеріїв під час вибору сушарки необхідно враховувати наявність на ній охолоджувальної системи, відсутність якої майже вдвічі знижує продуктивність. Також зерносушарки (їх стінки) повинні бути виготовлені з товстого матеріалу сталі чи алюмінію; повинні забезпечувати від спалаху матеріал що сушиться.



Рис. 1.2. Методи сушіння зернового матеріалу

Отже можна описати наступні завдання які ставляються до зберігання зерна:

1. збереження зернового матеріалу (чи просто зерна) повинно бути з мінімальними втратами вкінці, адже втрати матеріалу є як біологічні (розповсюдження гризунів; самозогрівання; кліщі та комахи можуть пошкоджувати матеріал; розвиток в зерновій масі мікроорганізмів та проростання) так і механічні. До механічних відноситься пошкодження зерна подрібненням та просипання. Всі ці витрати призводять до зменшення в кінцевому варіанті маси продукції, а особливо перші (біологічні) найшкідливіші які призводять до погіршення якісних показників. Всі вищеописані втрати можливо з ними впоратися при використанні високопрофесійному обслуговуючому персоналі та сучайній техніці

зберігання. Згідно Інтернет джерел втрати, як біологічні так і механічні, становлять в деяких підприємствах до 25%.

Наступне завдання, друге, маючи зібране зерно важко його зберегти щоб не погіршити якість. Це пов'язано з тим що фермер який зібрав урожай зерна не несе відповідальності за акціонерні товариства яким належать елеватори та приймальні підприємства.

3 завдання – це дотримання якісних показників під час самого зберігання. Тільки зібране зерно без обробітку (досушування, очищення та провітрювання) неможливо закладати на зберігання. Зібране зерно на практиці в багатьох господарствах використовується як власний посівний матеріал, цим самим забезпечуючи якісний власний посівний матеріал.

І останнє завдання, яке є немало важливішим за попередні є його реалізація. Нераціональний (неналежний) продаж зерна фермерськими господарствами призводить до втрат (нецільове призначення). Так в деяких господарствах зібраний врожай зерна, яке має якісні механіко-технологічні властивості, використовується для тваринництва, а саме приготування корму. Використання насіння яке немає якісних посівних властивостей, та і технологічні властивості його бажають кращого – використовується для посіву.

На практиці доведено що деякі культури під час збирання мають підвищену вологу, якщо вчасно не висушити зібране зерно то призведе до погіршення якісних показників насіння та навіть його повне псування (рис. 1.2).

Немало важливий фактор є засміченість зібраної маси, дана причина може привести до ризику самозаймання. Тому необхідно приділяти велику увагу очищенню зібраної маси, на практиці для очищення в господарствах використовують сепаратори барабанного типу.

Використання перерахованих вище технологічних прийомів дає нам підвищити тривалість безпечного зберігання вологого та сирого зерна, що сприяє більш тривалому терміну використання зерносушильного обладнання,

що дає можливість сушити зерно меншою кількістю зерносушарок. пер шляхом збільшення тривалості їх роботи. Короткий огляд цього матеріалу показує, що робота з зерна має здійснюватися на досить високому науковому рівні. У хлібопекарській системі головний спеціаліст в по роботі із зерном та продуктами його переробки — інженер-технолог, у системі сільського господарства — агроном.

Перший господар вирощує зерно, збирає врожай, але його технічна база не дозволяє провести якісну переробку зерна. У цих господарствах у кращому випадку можна лише очистити зерно. Щодо здійснюючи таких технологічних прийомів, як сушка та вентиляція зерна, то вони взагалі не використовуються через відсутність технічної бази. Другий власник не має свого зерна, але має матеріально-технічну базу для проведення всіх технологічних операцій з післяжнивної обробки зерна та для його зберігання. У більшості випадків обидва власники не можуть домовитися про взаємоприйнятні умови переробки та зберігання зерна. В результаті сільськогосподарське підприємство яке вирощує, має величезну кількість зерна яке псується.



Зберігання зерна в Україні як показує практика відбувається на металевих елеваторах (наприклад рис. 1.1), або зернових мішках (особливо практикують зерно кукурудзи). Так допустимо зберігати зерно кукурудзи останнім способом при вологості 14% (допустимо до 15%), якщо більша вологість то на досушування, або вентилявання. Якщо вологість більше 22% то рекомендують висушувати таке зерно в 2 а то і 3 етапи. Нажаль не маючи свого сушильного (або досушувального) обладнання господарства, або фермери витрачають багато коштів (така сума доходить до 50% від всієї суми яка затрачена на вирощування культури). Тому як

описувалось вище фермеру необхідно мати власну зерносушарку (незалежно на якому паливі вона буде працювати).



ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ СУШІННЯ ЗЕРНА



Рис. 1.1. Обладнання для сушки та зберігання зерна виробництва «ЛУБНИМАШ» (LUBNYMASH)

На даний час на ринку України присутні так звані твердопаливні теплові генератори, які використовують альтернативні види палива. Розрахунки показали що використання на прикладі пілетів майже в 5 раз дешевше на дизель та в 3 рази ніж природній газ.

Завдання зі зберігання зерна і продуктів його перероблення	Заходи	Примітка
1. Збереження продуктів без втрат у масі або з найменшими втратами	Науково обґрунтована організація зберігання зерна, яка унеможливує проростання і самозігрівання зерна; виникнення умов для розвитку мікроорганізмів, шкідників та кліщів; можливість знищення зерна і продуктів його перероблення гризунами та птахами	Втрати не допускаються, або є наслідком недотримання рекомендованих режимів зберігання
	Створення умов, які знижують інтенсивність дихання	Втрати сухої маси за зберігання в результаті дихання виправдані в межах нормативних показників
	Використання транспортних засобів, які повністю унеможливають просипання, а також травмування зерна	Розпил – втрати, які допускаються в межах нормативних (природні втрати зерна)
2. Збереження продуктів без погіршення їх якості	Недопущення порушення режимів зберігання, які можуть призвести до втрат ознак свіжості зерна	Зміна за зберігання кольору, запаху і смаку – ознаки різкого погіршення якості борошна і крупи аж до не придатності для використання на харчові цілі; зерно із запахом плісняви або із солодовим запахом також не може бути використане
	періодична заміна і реалізація запасів зерна, що зберігаються, продуктів його перероблення та насіння	Окремі партії борошна і деякі види крупи внаслідок природного таріння навіть за оптимальних умов зберігання втрачають свої споживчі якості
3. Підвищення якості продуктів за зберігання	Використання певних технологічних прийомів і режимів обробки	Покращення технологічних (зокрема хлібопекарських) і посівних властивостей зерна, створення умов для кращого збереження та підвищення стійкості за зберігання
4. Скорочення затрат праці та матеріальних засобів на одиницю продукції за найкращої збереженості кількості та якості	Удосконалення технічної бази зберігання, поточне оброблення зернових мас, впровадження нових технологічних прийомів	Обробка на елеваторних лініях і наступне зберігання зерна в силосах елеваторів різко скорочує затрати, як порівняти з аналогічними прийомами на базі сховищ складського типу

Рис. 1.2. Вимоги до зберігання зерна [5]

Тому для якісного та своєчасного висушування зерна необхідно правильно вибрати зерносушильне обладнання. Вибір якого в господарстві повинен бути відповідальним, необхідно враховувати культури які будуть вирощуватись в господарстві в найближчі роки та їх обсяг. Також господарство повинно враховувати сусідні підприємства для яких можливе надавання послуг.

РОЗДІЛ 2.

ЗБЕРІГАННЯ ЗЕРНА

2.1. Способи зберігання зерна

Використання зерносушарок набагато гірше впливає на якісні показники насіння в порівнянні з природнім сушінням. Тому під час висушування зерна необхідно приділяти велику увагу зерносушаркам.

Отже збереження зерна відповідальний процес, порушуючи етапи якого збереження врожаю буде відповідати нулю. Такий показник в деяких господарствах становив 75% від загального зібраного об'єму врожаю.

Існують наступні способи сушіння зерна: сорбційний (ще називають контактний спосіб); тепловий та механічний спосіб. Останній використовують у промисловості що займається виробництвом борошна.

Ключовим показником збереження зерна є вологості, оптимальні показники якого повинні становити 12...16%, але для кожного виду зерна даний показник свій (рис. 2.1).

Вологість насіння %	Кількість днів безпечного зберігання для відповідної культури		
	Жито	Пшениця	Ячмінь
17,1 – 18,0	28– 32	36,0– 40,0	48,0– 52,0
19,1 – 20,0	16 – 20	20,0– 24,0	32,0– 40,0
20,1 – 22,0	12– 14	16,0 – 18,0	24,0– 30,0
22,1 – 24,0	8,0– 10,0	10,0– 12,0	16,0 – 20,0
24,1 – 26,0	4,0– 6,0	5,0– 6,0	8,0– 10,0
26,1 – 28,0	2,0	2,0– 4,0	4,0– 6,0

Рис. 2.1. Вологість та термін зберігання зерна

2.2. Технічне забезпечення зберігання зерна

Найбільш популярними на Україні в багатьох господарствах присутні склади де відбувається зберігання зернового матеріалу. Зерно в таких приміщеннях зберігається насипом на цегляній підлозі. На таких складах присутні транспортери як завантажувальні так і розвантажувальні, при

допомозі яких відбувається провіювання зернової маси – такі склади називаються механізованими.

Якщо склад не має механізації для завантаження та розвантаження стаціонарного обладнання – на ньому використовується пересувне самохідне обладнання. Дані склади мають свої переваги та недоліки (рис. 2.2)

Переваги зернових складів з підлоговим типом зберігання:

- Склад можна легко збудувати, або ж переобладнати будь-яке приміщення, попередньо ізолювавши його.
- У такому складі можна зберігати невеликі партії зерна різних видів, завдяки перегородкам.
- Зерно в складах менше травмується, у порівнянні з елеваторами.
- Зерно в такому сховищі можна зберігати як насипом, так і в тарі.
- На таке зберігання потрібні менші поточні витрати.



До недоліків зернових складів із підлоговим типом зберігання відносять:

- На склади слід завантажувати виключно сухе зерно.
- Завантаження і вивантаження зерна обходиться значно дорожче, ніж у силосі, оскільки використовується ковшово-шнековий навантажувач, зернокидач або стрічкові транспортери. Роботи з підгортання зерна виконують вручну, а це додаткові витрати на заробітну плату персоналу, паливо, амортизацію та ремонт технологічного устаткування.
- Важче дотримуватись якісних характеристик утримання зерна, а саме температури, вологості та зараженості шкідниками.
- Склади займають більше місця, ніж силоси. На площі складу для зберігання 5,5 тис. т зерна, можна розмістити 3 металеві силоси загальною місткістю зберігання 15 тис. т.
- Важко забезпечити від гризунів.

Рис. 2.2. Переваги та недоліки зберігання зерна на складах [4].

Наступним видом для зберігання є – елеватори. На сьогоднішній час це дорого, але і високотехнологічно. Елеватори, або ще називають силоси, це споруди з бетону або з металу, мають різну форму: круглі чи квадратні. Збереження зерна в деяких господарствах на силосах відбувається рік або більше. Так в таких сховищах зерно зберігається насипом на підлозі, якщо необхідно таким способом зберегти зерно різних сортів, то встановлюють перегородки. Такі секції мають місткість 3,2...3,5 тис тон. Такі секції обов'язково відгороджені металевими стінками, мають активне вентилявання та обов'язково засоби механізації, а саме завантаження та розвантаження – встановлені так звані стрічкові конвеєри.

Якщо бункерні так звані насіннесховища – то вони мають повністю автоматизоване механічне відвантаження зерна. Все ще відбувається за рахунок конусоподібного дна. Місткість такого бункера становить максимум 50 тон, при висоті до 9 метрів.

Переваги зберігання зерна в залізобетонних та металевих силосах:

- Технологічність. Автоматизованість процесів збільшує швидкість роботи та можливість робити кілька обертів обсягу зберігання за сезон.
- Зберігання на невеликій території значних об'ємів зерна.
- Автоматизація контролю за режимами зберігання зерна (температури, вологості, якості).
- Захист від гризунів та інших шкідників.
- Можливість швидкого проведення операцій з оздоровлення зерна.
- На зберігання не впливають погода чи інші зовнішні чинники.

До недоліків зберігання відносять:

- При активному вентиляванні на внутрішній поверхні силосів відбувається конденсація вологи, яка у свою чергу надходить у зернову масу і зволожує її верхній шар. Для уникнення конденсації вологи на металевих стінках, роблять теплоізоляцію (термозахист) поверхні силосів.
- Значна висота падіння зерна, що негативно впливає на його якість (воно травмується при падінні з висоти).
- Витрати. Якщо елеватор ваш, то зберігання коштуватиме тільки оплату поточних витрат. На решті підприємств кожна послуга платна, як от загрузка, вивозка, аналіз і т.д. До того ж слід врахувати логістику й окремо плату за зберігання.

Рис. 2.3. Переваги та недоліки зберігання зерна на силосах [4].



Рис. 2.4. Переваги при зберіганні зерна на силосах [4].

Одна із популярних на сьогоднішній день технологій зберігання зерна – зберігання в поліетиленових мішках, або як ще називають в рукавах. Силобег, також зустрічається назва в літературних джерелах, виготовлений із міцного поліетилену, який має три слої, товщиною до 250 мкм. З зовні має білий колір для відбиття ультрафіолету, а внутрішній слой, має чорний колір, для того щоб блокувати потрапляння сонячного світла. Такі рукави як правило випускають довжиною до 60 метрів та діаметром до трьох метрів. Наповнений рукав має довгу форму, на поминає форму «ковбаски», завантаження та розвантаження такого рукаву відбувається при допомозі спеціального обладнання. Дане обладнання прикріплюється до трактора і приводяться в рух від ВВП трактора. Основні вимоги до такого зберігання це добре підготовлена площадка, рівна без камінців, які зможуть пошкодити

плавку, тим самим порушивши герметичність. Технологічний процес та вимоги до такого зберігання зображені на рис. 2.5.; його позитивні та негативні сторони на рисунку 2.6.

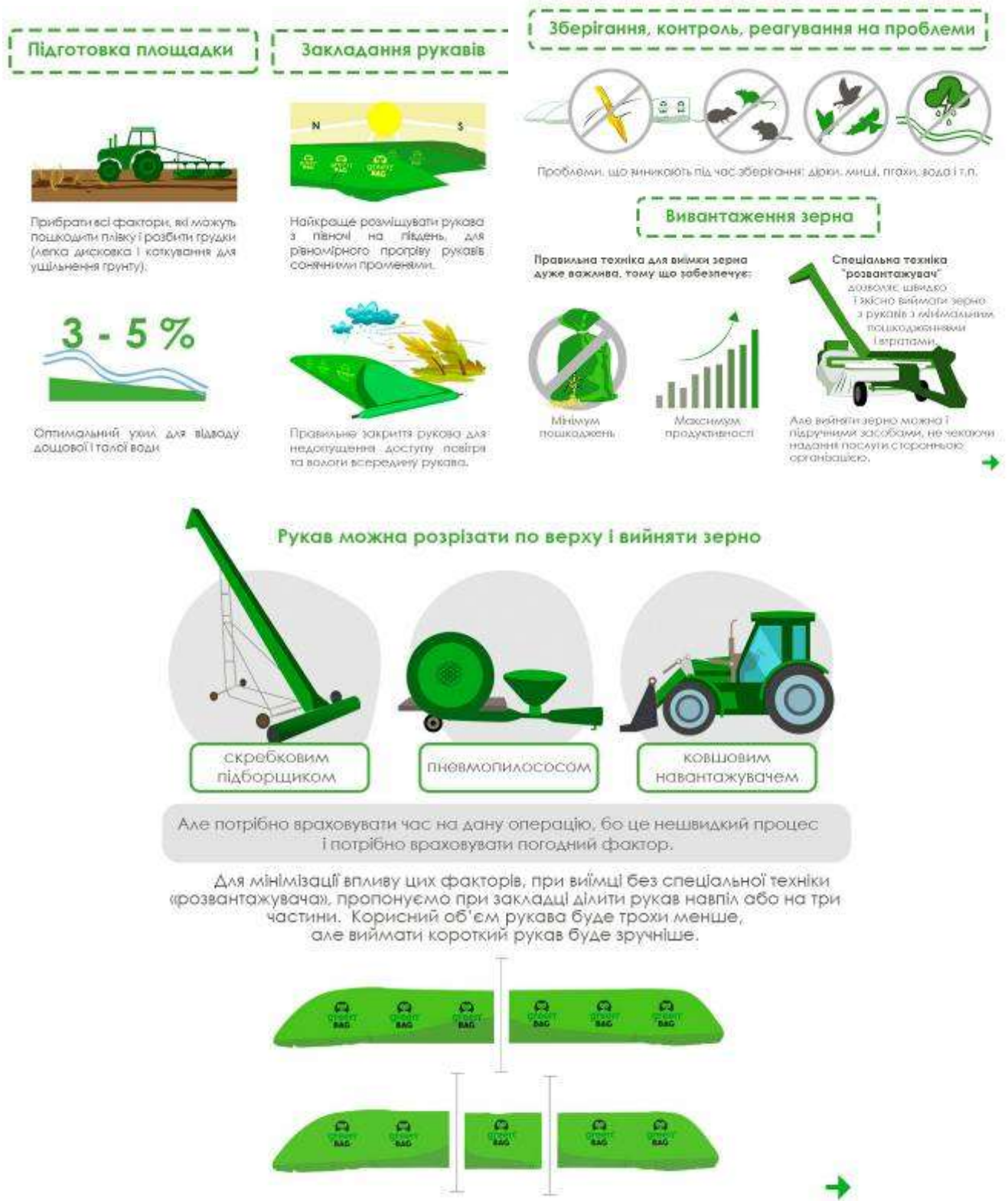


Рис. 2.5. Технологія зберігання в рукавах [7].



Рис. 2.6. Переваги та недоліки зберігання в мішках

Так в господарствах України для зберігання зерна використовуються мішки (рукава) маючи діаметр від 1,95 метра до 3,05 м, максимальна довжина такого становить 90 метрів а мінімальна 30 метрів. Дані рукава можна розміщувати в будь-якому місці на полі або в господарстві на його території, при умові гарного очищення ділянки де будуть зберігатись вони. Одним з переваг такого зберігання в господарствах є можливість роздільного зберігання зерна різних сортів та укладання в мішки зразу з під комбайна, не використовуючи транспортні засоби для перевезення на склади для зберігання.

В рукавах можливе зберігання зерна з підвищеною вологістю, але необхідно пам'ятати про зменшення строків зберігання прямо пропорційно підвищенню вологи. Рекомендовані терміни зберігання наведені на рис. 2.7.

Отже зерносушарки шахтного типу більш ефективні для сушіння зерна з високою вологістю, це пов'язано з високою висотою яка дає можливість повільно висушувати його без пошкоджень. На такі сушарки як правило зерно поступає з вологістю 20...25 відсотків та знаходиться там до 3 годин. На прикладі зерна кукурудзи температура агента сушки повинна бути максимум 110⁰С, вище заборонено, так як призведе до руйнування самої зернівки. Саму зернову масу заборонено нагрівати вище 60 градусів.

Одним із переваг зберігання зерна в складах є менше його пошкодження, а саме падіння зерна під час сушки з мінімальної висоти, в той час як під час зберігання в металевих ємностях така висота становить 20 метрів.

	Вологість, %	Термін зберігання		
		Низький ризик	Середній ризик	Високий ризик
Пшениця Соя Кукурудза	До 14%	6 місяців	12 місяців	18 місяців
Соняшник Ріпак	До 11%	6 місяців	12 місяців	18 місяців
Пшениця Соя Кукурудза	14% - 16%	2 місяці	6 місяців	12 місяців
Соняшник Ріпак	11% - 14%	2 місяці	6 місяців	12 місяців
Пшениця Соя Кукурудза	Понад 16%	1 місяць	2 місяці	3 місяці
Соняшник Ріпак	Понад 14%	1 місяць	2 місяці	3 місяці

Рис. 2.7. Показники вологості при зберіганні в рукавах [6]

Багато виробників рекомендують зберігати зерно не більше 18 місяців. Максимальний термін зберігання зерна в рукавах 24 місяці. При зберіганні необхідно щоб зерно закладалось без шкідників.

Господарство яке планує зберігати таким способом повинно мати в своєму парку машин пакувальні та розпакувальні машини. Пакувальна машинка має приймальну камеру, куди засипаємо зерно, та шнек при допомозі якого відбувається подача зернової маси в рукав. Розпакувальна машинка має іншу конструкцію: вона повинна мати вал, на який буде наматуватись мішок (рукав) та вивантажувач зерна.

Так завод Кобзаренко випускає як навантажувальну так і розвантажувальну машини такі як: ЗПМ-180; ЗПМА-180; ЗПМ-180П; ЗПМ-180пм та ЗРМ-180 (рис. 2.8).

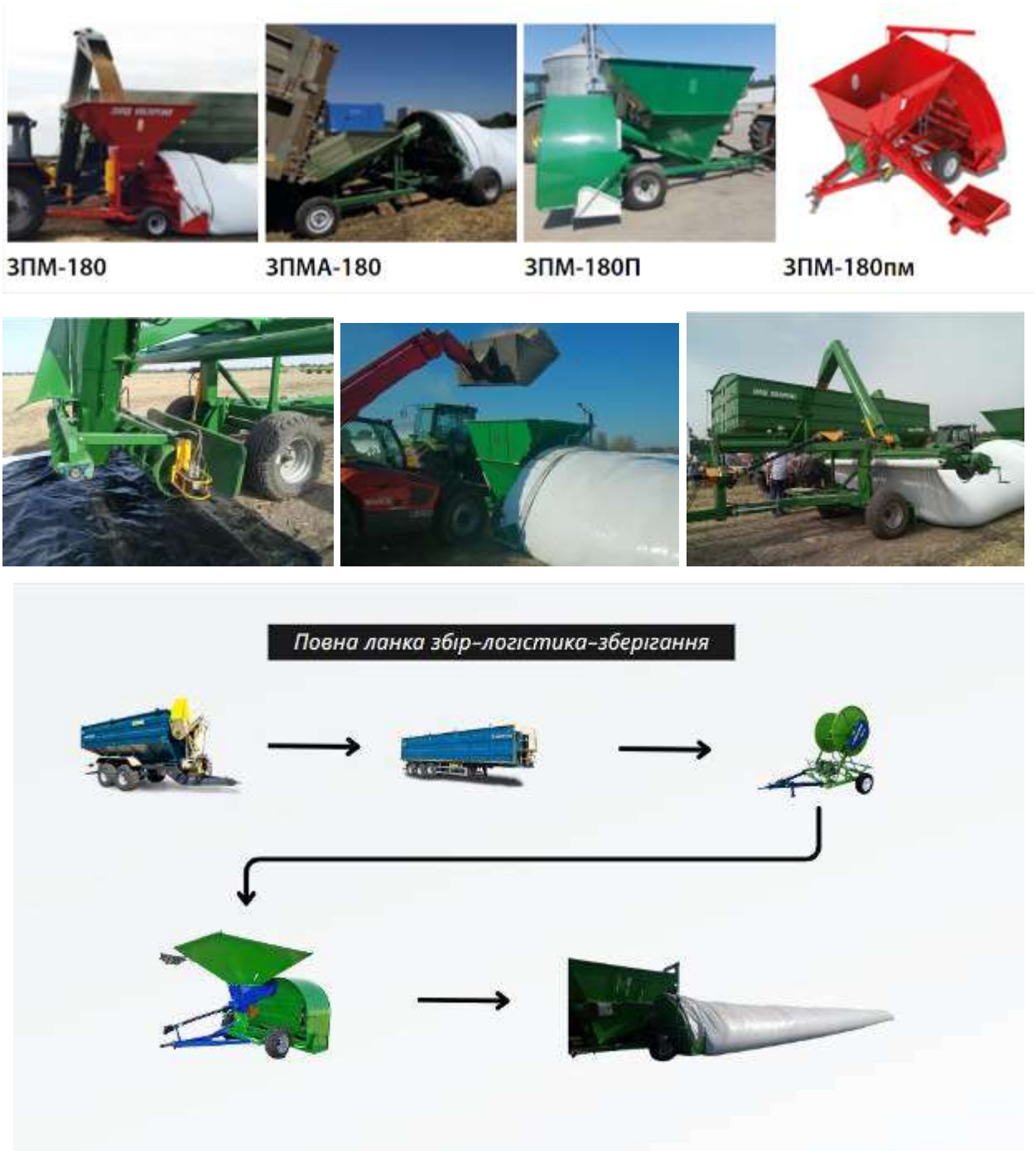


Рис. 2.8. Техніка для зберігання зерна в рукавах (мішках)

(<https://egritech.org/uk/korisna-informaciya/efektyvni-rishennya-dlya-zberigannya-zerna-v-umovah-vijny/>)

Більш конкретно описано про способи зберігання в тезах що розміщені в додатках в кінці пояснювальної записки.

РОЗДІЛ 3.

ДОСЛІДЖЕННЯ МЕХАНІКО-ТЕХНОЛОГІЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ЗЕРНА

Вивченням механіко-технологічних властивостей матеріалів (сільськогосподарського призначення) займалися багато науковців і займаються по цей час. Описані нижче нами властивості пов'язані з біологічними та фізіологічними особливостями, їх збереженням та переробкою.

Під час вивчення дисципліни ми проводили дослідження на обладнанні для визначення: механіко-технологічних властивостей під час сушіння, визначення статичного та динамічного коефіцієнтів; сипучості. Також до властивостей зернової маси входить: само сортування; теплофізичні властивості; шпаруватість та сорбційна здатність (рис. 3.1).

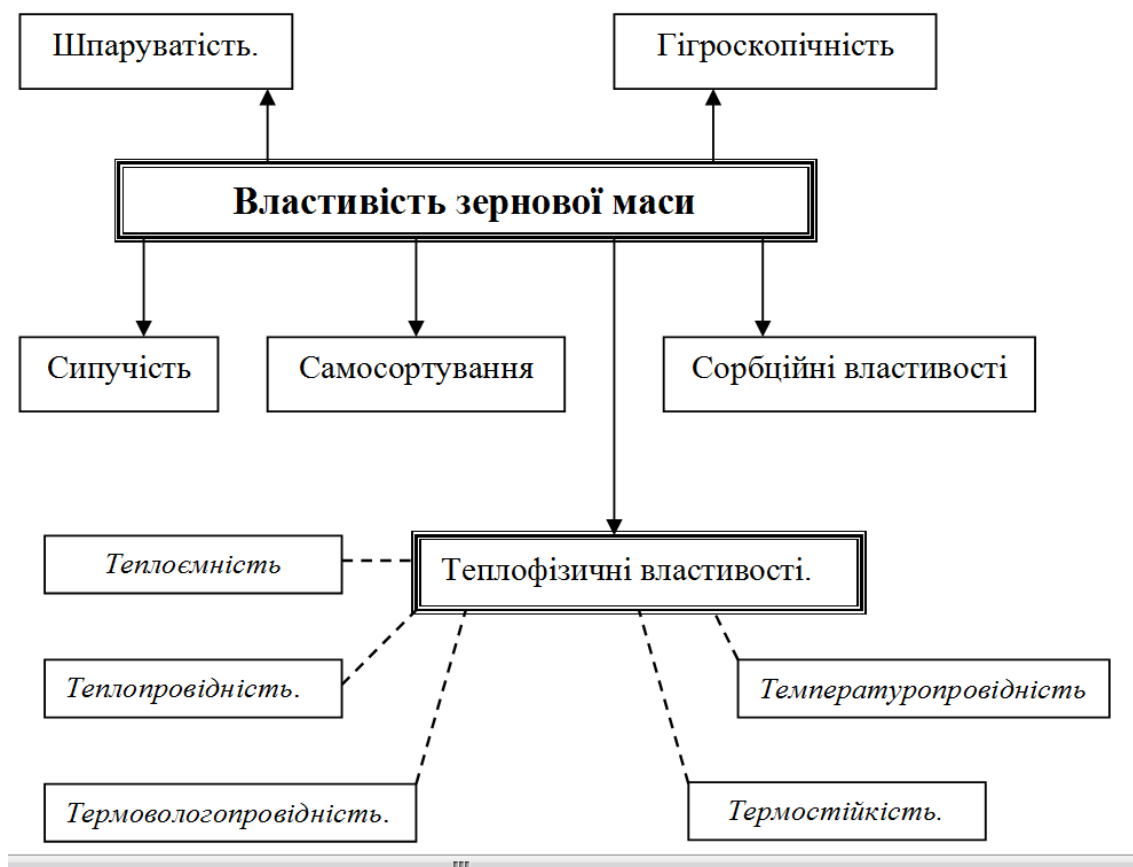


Рис. 3.1. Властивості зернової маси

Отже такий показник як сипучість на пряму залежить від: гранулометричних характеристик, а саме стану зерна, розмірів, форми та характеру поверхні; наявності домішок та їх вид (форма та стан поверхні). Так на практиці доведено, якщо домішки дрібні та мають шероховату поверхню, а особливо якщо і підвищену вологість, сипучість маси зерна знижується в декілька разів. Також даний показник знижується в зерновій масі яка злежалася, що пов'язано з її ущільненням. Даний показник має важливе значення під час обробки зернової маси, зменшуючи ручну працю. Забезпечує в транспортному обладнанні самопливного переміщення зернової маси з подальшим заповненням ємності під час зберігання.

Наступний показник який виходить з попереднього це самосортування. Цей показник добре характеризується під час засипання зерна на зберігання. Маючи різну швидкість падіння зерна, його парусність воно розшаровується та падає в глибину насипу. Дрібні зерна в перемішку з домішками мають велику парусність – опускаються повільно та залишаються на поверхні зернових мас, або навіть на стінах зерносховищ. Можна сказати що дане явище є як негативне так і позитивне. Позитивним явищем самосортування є під час сортування зернової маси на зерноочисних машинах. Негативне те що зверху зернової маси є ділянка з різною вологістю та шпаруватістю, яке в свою чергу призводить до злежування і саме негативне самозігрівання зернового матеріалу.

Шпаруватість – показник який на пряму залежить від:

- форми насіння;
- пружності зерна;
- розмірів зерна та стан його поверхні;
- наявності в зерновій масі домішок;
- власної маси та її вологість;
- самого зерносховища (його форми та вмістимості).

При висушуванні зернової маси даний показник відіграє важливу роль, так як є простір між зерном, яке заповнюється повітрям, при допомозі якого відбувається так звана конвективна тепловологопередача.

Всі інші властивості зернової маси описані в тезах що винесені в додаток пояснювальної записки.

Дослідження по визначенню властивостей зерна ми проводили на приладах: пристрій для визначення коефіцієнта тертя сипких матеріалів (на прикладі насіння (зерна) сільськогосподарських рослин), рис. 3.1.; та прилад для визначення кутів сипкого матеріалу (обвалення та насипання) рисунок 3.2.

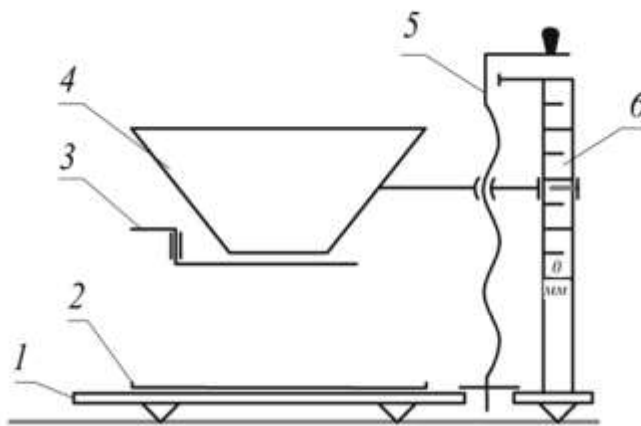


Рис. 3.1. Схема пристрою для визначення коефіцієнта внутрішнього тертя сипких матеріалів: 1 – плита; 2 – шухляда; 3 – заслінка; 4 – місткість; 5 – гвинтовий механізм; 6 – напрямна із шкалою

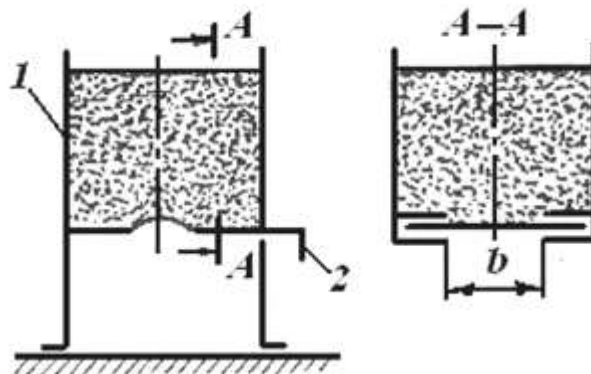


Рис. 3.2. Прилад для визначення кутів насипання, обвалення та параметрів склепінеутворювального отвору: 1 – висока посудина; 2 – заслінка

В залежності від сільськогосподарської культури матеріал (зерно) має різні сипкі властивості. Нами було проведено розрахунки по визначенню коефіцієнта внутрішнього тертя сипкого матеріалу для зерна декількох сільськогосподарських культур (пшениця, жито, просо, горох, соя, ячмінь, кукурудза, соняшник, рис та овес).

Одним із головних механіко-технологічних властивостей зерна є визначення показника сипучості, даний показник показує здатність рухатися по поверхні яка знаходиться під кутом. Завдяки цьому показнику зерно добре переміщується по елеватору та транспортерам. Під час визначення сипучості визначали наступні кути: кут тертя та кут природного укусу.

Для визначення яких використовували прилади рис. 3.1 та 3.3.

Дослідження проводились відповідно до запатентованих методик [17]

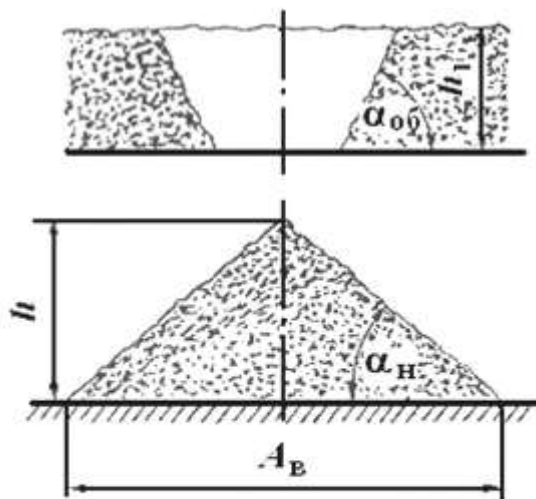


Рис. 3.3. До визначення кутів насипання й обвалення:

A_B – основа трикутного штабеля; h – висота штабеля; h_1 – висота шару матеріалу в посудині; α_n та $\alpha_{об}$ – кути насипу та обвалення відповідно

Розрахунки проводили за нижченаведеними формулами де визначали:

- коефіцієнт внутрішнього тертя (формула 3.1);
- кут тертя (формула 3.2);
- опори зсуву (так звані початкові) та щільність сипкого матеріалу;

відповідно формули 3.3 та 3.4;

$$f_i' = \operatorname{tg}\alpha_i = \frac{H_i}{R_{Ci}}, \quad (3.1)$$

$$\bar{\varphi}' = \operatorname{arctg} \bar{f}', \quad (3.2)$$

$$\tau_0 = \frac{b \cdot a_c \cdot \rho \cdot q}{3,2 \cdot (b + a_c)}, \quad (3.3)$$

$$\rho = \frac{m_{\Pi}}{V_C - V_P}, \quad (3.4)$$

Під час розрахунку вищенаведених формул були враховані наступні показники: висота конуса (утвореного сипким матеріалом) H_i відповідно до даної висоти маючи 4 радіуси на основі конуса визначали середній R_{Ci} .

Під час розрахунку формули 3.3 були використані значення довжини та ширини склепостворювального отвору (значення a_c і b), щільність зернового матеріалу та відповідно прискорення вільного падіння (ρ та q відповідно).

При розрахунку формули 3.4 (щільності сипкого матеріалу) були враховані: маса самого сипкого матеріалу та об'єми рідин.

Всі досліді проводити в трикратній повторності з визначенням середньоарифметичного та середньоквадратичних значень за формулами 3.5 та 3.6:

$$\sigma = \pm \sqrt{\frac{\sum (M - l_{Ci})^2 \cdot P_i}{100}}. \quad (3.5)$$

$$M = \frac{\sum P_i \cdot l_{Ci}}{100}. \quad (3.6)$$

Розрахунки проводились при допомозі комп'юторної програми Microsoft Excel, в якій було складено програму для розрахунків згідно з літературним джерелом 13 та 15.

В роботі 18 автором наведено результати власних досліджень та методика проведення при дослідженні механіко-технологічних властивостей кормових добавок. Наведені формули для визначення щільності зернового матеріалу; наведено прилад для визначення коефіцієнтів як зовнішнього так і внутрішнього тертя сипких матеріалів та методику визначення вищеописаних коефіцієнтів; прилад для визначення кута природного укосу сипких матеріалів та послідовність розрахунків для визначення вищеописаного кута; приладу (експериментальної установки) для визначення висоти склепостворень сипких матеріалів.

Результати досліджень показали що якщо зерно має гладку поверхню в нього кращий коефіцієнт тертя та відповідно кут природного укосу. На даний показник, сипучість, впливають погодні умови (вологість).

При будівництві об'єктів для зберігання зерна необхідно знизити кут нахилу шахт по яким буде переміщуватись зерно. Незалежно від вологості на практиці зернову масу все одно переміщують, тому необхідно встановлювати з таких вимог: кут нахилу для зернових культур має бути 45 градусів максимум та 60° – для насіння кукурудзи, вівса, та соняшника.

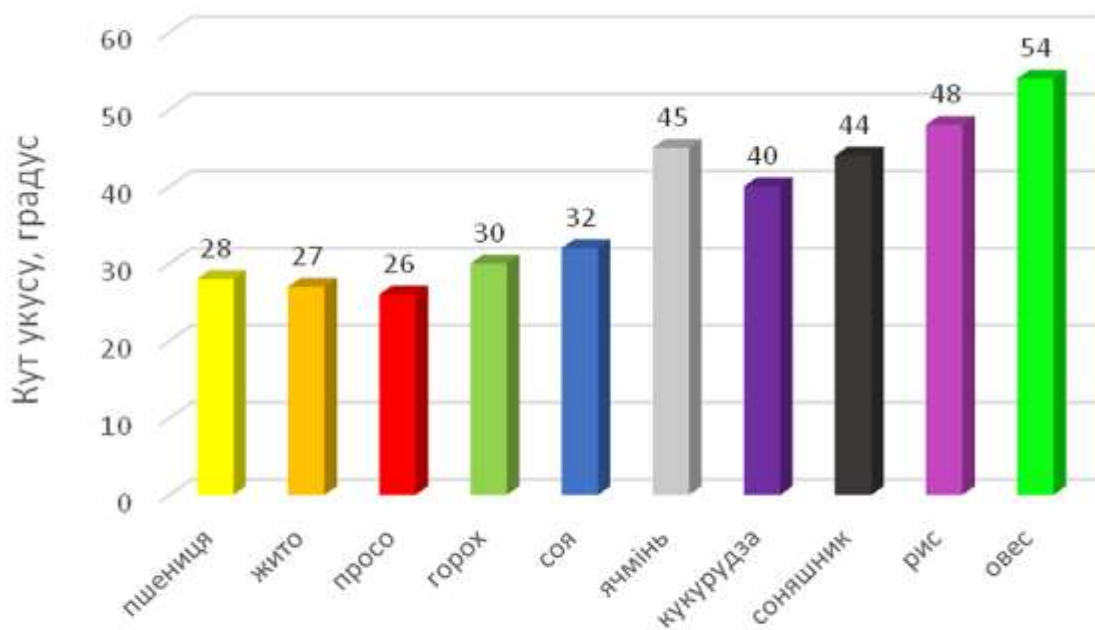


Рис. 3.4 Значення Кута природного укосу в залежності від виду польових культур.

Проведені дослідження та побудована діаграма (рис. 3.4) показує нам що найбільший кут природного укосу – 54° становив у овса, на другому місці спадання є ячмінь в якого відповідний кут 54° . Самі найменші кути були в рослин просо, жито та ячмінь - 26° ; 27° та 28° відповідно.

Результати розрахунків представлені на рисунках та деякі виведені на слайд презентацій.



Рис. 3.5. Значення кута природного укосу за мінімальної вологості (вологість – синій колір).



Рис. 3.6. Значення кута природного укосу за максимальної вологості (вологість – синій колір).

Розрахунки показали що при мінімальній вологості 7% (на прикладі насіння соняшнику) кут природного укосу буде становити максимальне значення в 31° серед таких культур як пшениця, жито, кукурудза та ячмінь.

Мінімальній вологості для таких культур як жито та ячмінь (показник 11%) – кут буде становити 30 градусів.

При максимальній вологості 25 % для такого зерна як кукурудза та соняшник кут природного укусу буде становити 40⁰ та 42⁰ відповідно.

Пористість. Зернова маса, розміщена для зберігання, укладається нещільно. Між окремими зернами та домішками завжди залишаються проміжки, заповнені повітрям. На рисунку 3.6 наведено дані щодо пористості зерна різних культур.

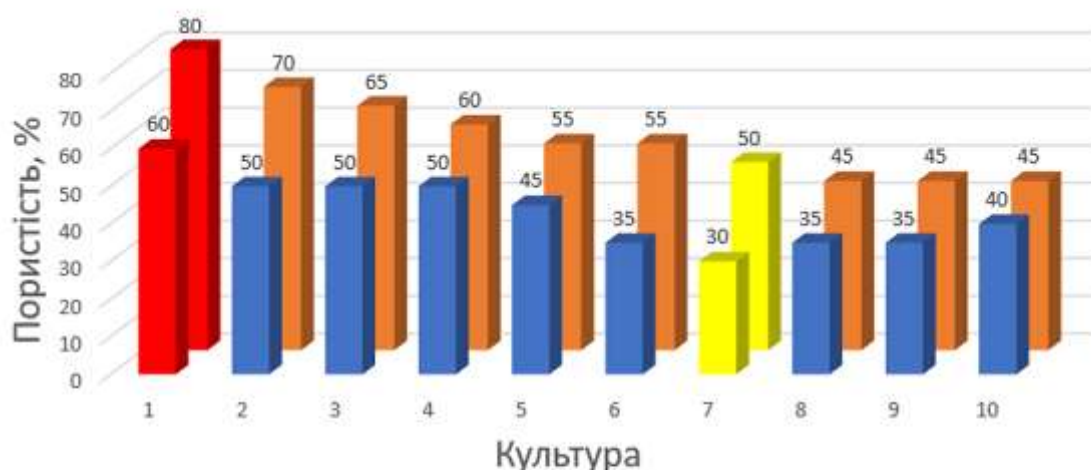


Рис. 3.7. Значення мінімальної та максимальної пористості зерна в залежності від виду польових культур.

1 – соняшник, 2 – овес, 3 – рис, 4 – гречка, 5 – ячмінь, 6 – кукурудза, 7 – просо, 8 – жито, 9 – пшениця, 10 – горох.

Наявність цих повітряних порожнин у зерновій масі при зберіганні має негативні та позитивні значення. Позитивні значення: порожнини, заповнені повітрям, зберігають життєздатність зерна, тобто забезпечують нормальне його дихання, що важливо для збереження насінневого зерна; порожнини роблять зернову масу газопроникною, що дозволяє продувати її повітрям установками активного вентилявання та сприяє проведенню сушіння у зерносушарках; порожнини дозволяють вводити в зернову масу пари різних фумігантів для її знезараження від шкідників (кліщів, комах).

Негативне значення пористості в тому, що в міжзернових просторах створюються умови для активної життєдіяльності мікроорганізмів та шкідників, що знижують якість партій зерна, що зберігаються.

При визначенні пористості тієї чи іншої культури головне завдання зводиться до визначення обсягу міжзернового простору.

Цей обсяг легко визначити шляхом заповнення міжзернового простору незмочуючою рідиною - ксилолом, гасом. Наприклад, беруть мірний циліндр на 100 см³, заповнюють його зерном, потім із мірної посудини вливають у зерно рідину до рівня верхнього шару зерна. Знаючи повний об'єм зернової маси та об'єм вилитої рідини, легко визначити пористість.

Знаючи обсяг зернової маси та її пористість, можна визначити кількість повітря в даній зерновій масі. Ці дані необхідні при вентиляванні зерна для розрахунку кількості обмінів повітря. Об'єм повітря у міжзерновому просторі приймають за один обмін.

Теплоємність. Характеризує витрати тепла на нагрівання матеріалу. Найчастіше використовують величину питомої теплоємності, яка дорівнює кількості тепла, витраченого на нагрівання 1 кг матеріалу на 1° Цельсія або Кельвіна. Питома теплоємність зерна залежить від його вологості та температури.

Теплопровідність. Характеризує теплоізолюючі властивості матеріалу. Кожен матеріал характеризується коефіцієнтом теплопровідності λ .

З теплофізичної точки зору коефіцієнт теплопровідності це кількість теплоти, що проходить через одиницю площі матеріалу при градієнті температур, що дорівнює одиниці.

Чисельні значення коефіцієнта теплопровідності зерна пшениці лежать у межах 0,120-0,140 Вт/м·К. Теплопровідність значною мірою залежить від вологості зерна (табл. 3.2). Теплопровідність окремого зернятка в 2-3 рази вище, ніж зернового шару.

Значення коефіцієнта теплопровідності.

Культура	Вологість, %	λ , Вт/м·К
Пшениця	10	0,127
Пшениця	25	0,138
Пшениця	30	0,142

Термовологопровідність. Це переміщення вологи по напрямку тепла. Рушійною силою цього явища є градієнт температури. Явище термовологопровідності наочно можна спостерігати, наприклад, при горінні сирого бревна. Якщо бревно горить з одного кінця, то з іншого кінця рясно виділяється волога.

Явище термовологопровідності часто спостерігається у зерновій масі. Якщо тепле зерно покласти на холодну асфальтову підлогу, то волога мігруватиме у напрямку тепла, тобто зерно біля підлоги зволожуватиметься.

Явлення термовологопровідності під час роботи із зерном носить як позитивний, і негативний характер. Наприклад, при рециркуляційному сушінні зерна явище термовологопровідності сприяє більш інтенсивному випаровуванню вологи. При сушінні зерна в шахтних сушарках, навпаки, явище термовологопровідності гальмує процес випаровування вологи.

У першому випадку випаровування вологи відбувається при зниженні температури поверхні зернятка, тобто температура всередині зернятка вище за температуру на його поверхні і волога за законом термовологопровідності рухається від центру до периферії.

При сушінні зерна в шахтних сушарках зерно тривалий час обдувається агентом сушіння, в результаті поглиблення зони випаровування температура на поверхні зернятка вище, ніж в його центрі. Отже, волога за законом термовологопровідності має переміщатися від поверхневих шарів до центральних, тобто. має гальмувати процес сушіння.

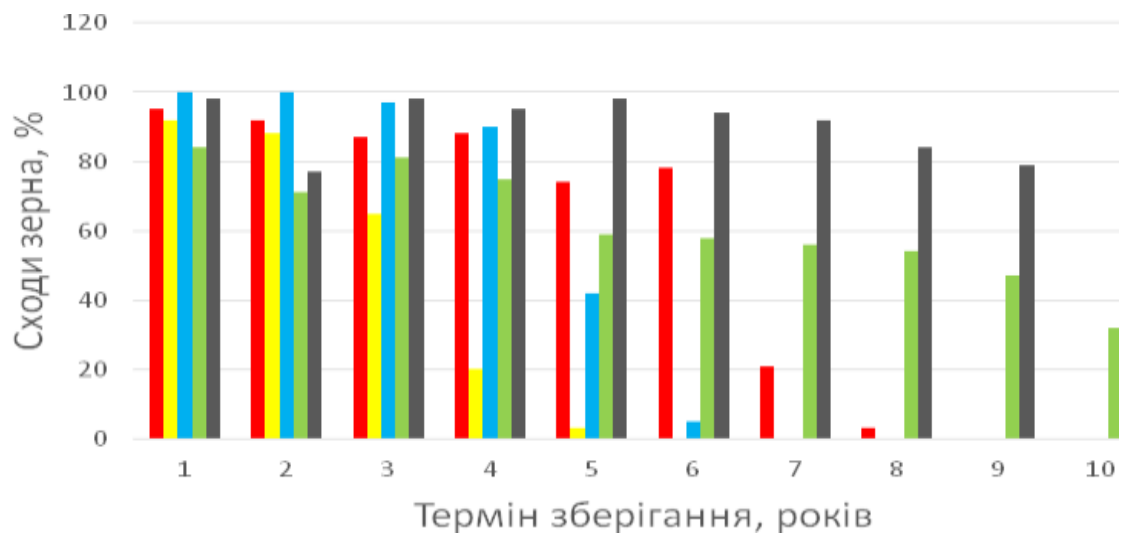


Рис. 3.8. Зміна схожості зерна від терміну зберігання (червоний – пшениця, жовтий – жито, блакитний – ячмінь, зелений – овес, чорний – рапс).

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Макаренко М. Сушіння й зберігання зерна без втрат [Електронний ресурс] / М. Макаренко // Агробізнес Сьогодні. Механізація АПК.. – 2017. – Режим доступу до ресурсу: <https://agro-business.com.ua/agro/mekhanizatsiia-apk/item/1275-sushinnia-i-zberihannia-zerna-bez-vtrat.html>.
2. Способи та обладнання для сушіння зерна [Електронний ресурс] / [М. Гузь, В. Опалко, Р. Шатров та ін.] // AGROEXPERT. Щомісячне науково-практичне видання. – 2020. – Режим доступу до ресурсу: <https://agroexpert.ua/sposoby-ta-obladnannia-dlia-sushinnia-zerna/>.
3. Обладнання для сушіння зерна [Електронний ресурс] // Сайт \"Лубнимаш\" «Lubnymash». – 2024. – Режим доступу до ресурсу: <https://lubnymash.com/zernosusharki-uk>.
4. Маковей Ю. Сушка та зберігання кукурудзи в сезоні 2023 — як не втратити урожай [Електронний ресурс] / Ю. Маковей // Kurkul.com. Онлайн-асистент фермера. – 2023. – Режим доступу до ресурсу: <https://kurkul.com/spetsproekty/1506-sushka-ta-zberigannya-kukurudzi-v-sezoni-2023--yak-ne-vtratiti-urojaj>.
5. Основні вимоги до зберігання сухого зерна [Електронний ресурс] / [В. ІЩЕНКО, О. ГАЙДЕНКО, Г. КОЗЕЛЕЦЬ та ін.] // Агробізнес Сьогодні. Механізація АПК.. – 2020. – Режим доступу до ресурсу: <https://agro-business.com.ua/agro/zberihannia/item/18708-osnovni-vymohy-do-zberihannia-sukhoho-zerna.html>.
6. Майя Муха. Альтернативні способи зберігання зерна — традиції та сучасність [Електронний ресурс] / Майя Муха // Головний елеваторний сайт країни. Elevatorist.com. – 2022. – Режим доступу до ресурсу: <https://elevatorist.com/blog/read/776-alternativni-sposobi-zberigannya-zerna--traditsiyi-ta-suchasnist>.
7. Технологія зберігання зерна в поліетиленових рукавах. [Електронний ресурс] // Головний сайт агронома. SuperAgronom.com. – 2022. – Режим

доступу до ресурсу: <https://www.agronom.com.ua/tehnologiya-zberigannya-zerna-v-polietylenovyh-rukavah-shho-vazhlyvo-vrahuvaty/>.

8. Paziuk, Vadym. (2020). ENERGY EFFICIENT TECHNOLOGY OF DRYING AND STORAGE OF SEEDS OF GRAIN CROPS WITH THE USE OF HEAT PUMPS. ENGINEERING, ENERGY, TRANSPORT AIC. 138-146. 10.37128/2520-6168-2020-2-15.

9. Paziuk, Vadym & TOKARCHUK, Oleksii & SHAPOVALIUK, Serhii. (2024). HEAT PUMPS AS AN ENERGY-EFFICIENT MEANS OF GRAIN DRYING. ENGINEERING, ENERGY, TRANSPORT AIC. 33-40. 10.37128/2520-6168-2024-1-4.

10. Mizanbekova, S. & Kaiyrbayeva, A. & Beisenova, G.. (2024). Grain storage and processing: main trends in grain market. Problems of AgriMarket. 93-101. 10.46666/2023-4.2708-9991.09.

11. Технологія зберігання і переробки сільськогосподарської продукції: Навчальний посібник / Н.О.Ситнікова, К.Ф. Фоміна, Л.І.Дудник, Н.Н.Чорнозубенко, Л.І. Кузьменко – К., 2008. – 304 с

12. Механіко-технологічні властивості сільськогосподарських матеріалів: Навч. посібник О.М. Царенко, С.С. Яцун, М.Я. Довжик, Г.М. Олійник; За редакцією С.С. Яцуна. – К.: Аграрна освіта, 2000. – 243 с.

13. Механіко-технологічні властивості сільськогосподарських матеріалів: Практикум: Навч. посібник Д.Г. Войтюк, О.М. Царенко, С.С. Яцун, М.Я. Довжик, Г.М. Олійник; За редакцією С. С. Яцуна. – К.: Аграрна освіта, 2000. – 93 с.

14. Механіко-технологічні властивості сільськогосподарських матеріалів: Підручник: О.М. Царенко, Д. Г. Войтюк та ін.; За редакцією С.С. Яцуна. – К.: Мета, 2003. – 448 с.

15. Механіко-технологічні властивості сільськогосподарських матеріалів: Практикум: Навч. посібник С.С. Яцун, М.Я. Довжик, Г.С. Головченко, О.М.Калнагуз, Ю.В. Сіренко; За редакцією С. С. Яцуна. – Суми.: СНАУ, 2011. – 143 с.

16. Бакум М.В., Пастухов В.І., Горбатовський О.М., Манчинський Ю.О. Механіко-технологічні властивості сільськогосподарських матеріалів. Практикум: Навч. Посібник;.: – Харків, 2011. – 193 с.

17. Пат. 98757 U Україна, МПК (2015.01) G01N 13/00, G01B 11/26 (2006.01). Спосіб визначення кута природного укусу сипучих матеріалів / Т.В. Лазарєв, А.Я. Карвацький, І.О. Мікульонок, А.Ю. Педченко; заявник і патентовласник Нац. техніч. ун-т України «Київ. політехн. ін-т». — № u 2014 11335; заявл. 17.10.2014; опубл. 12.05.2015, Бюл. № 9. — 3 с.

18. Семенцов В. В. Дослідження механіко-технологічних властивостей кормових домішок. Технічний сервіс агропромислового, лісового та транспортного комплексів. 2018. № 11. С. 68-75.<https://repo.btu.kharkov.ua/bitstream/123456789/7242/1/10.pdf>

19. Основні правила зберігання насіння сільськогосподарських культур [Електронний ресурс]. – 2022. – Режим доступу до ресурсу: <https://vetif.gov.ua/2155-%D0%BE%D1%81%D0%D1%80.html>.

20. Федотова М. Системи контролю за процесом зберігання зернової маси [Електронний ресурс] / М. Федотова, С. Осадчий // Пропозиція - Головний журнал з питань агробізнесу. – 2021. – Режим доступу до ресурсу: <https://propozitsiya.com/ua/systemy-kontrolyu-za-procesom-zberigannya-zernovoyi-masy>.

21. Ефективність зерносушарок та фактори, що на неї впливають [Електронний ресурс] // Лубнимаш. «LUBNYMASH».. – 2024. – Режим доступу до ресурсу: <https://lubnymash.com/novosti/efektyvnist-zernosusharok-ta-factory-shho-na-neyi-vplyvayut>.

22. Соларьов О. О. Економіка процесів: сушіння зерна [Електронний ресурс] / О. О. Соларьов, О. Маслак // Пропозиція - Головний журнал з питань агробізнесу. – 2016. – Режим доступу до ресурсу: <https://propozitsiya.com/ua/ekonomika-procesiv-sushinnya-zerna>.

ВИСНОВКИ

Проведений аналіз технологічного процесу зберігання зерна в умовах аграрних підприємств показав що, під час зберігання виникають фізичні та біологічні втрати. Вказав технологічні прийоми що, дають нам підвищити тривалість безпечного зберігання зерна.

Розглянуто основні способи та технічне забезпечення зберігання зерна. Проаналізовані переваги та недоліки (металевих силосів, арочних безкаркасних зерносквоищ та поліетиленових рукавів).

Проведено дослідження механіко-технологічних властивостей зерна а саме: сипучість, самосортування, сорбція-десорбція, термовологопровідність, теплоємність, теплопровідність та довговічність зерна.

Нами були проведені дослідження по визначенню механіко-технологічних властивостей зерна, а саме визначення коефіцієнта внутрішнього тертя сипкого матеріалу.

Результат дослідження показав що кут природного укусу найбільший був у вівса і становив 54° , а найменший у проса і становив 26° .

При дослідженні кута природного укусу при різних значеннях вологості (мінімальні і максимальні) найбільші показники були в зерна соняшника та кукурудзи, а найменші у ячменю.

ДОДАТКИ