

УДК 631.24:631.363.1

Постельга К., завідувач відділу, Сліпенька В., інженер, (УкрНДІПВТ ім. Л. Погорілого)

## На шляху створення ефективного обладнання для зберігання зерна

У статті наведені результати апробації сучасного силоса для зберігання зерна. Для забезпечення зберігання зерна в силосі виробники надають значну увагу їхній елементній базі та відповідним системам. Це обумовило значний розвиток технології їхнього виробництва та достатньо високий технічний рівень вентиляційних систем, які забезпечують належну аерацію зерна і відповідний температурний режим у процесі його зберігання, завдяки чому досягається якісне зберігання зерна без втрат його кількості, споживчих і посівних характеристик. Що стосується практики зберігання зернових культур, то силос можна вважати найбільш рентабельним. По-перше, це швидке будівництво та зручність обслуговування такого обладнання. По-друге, це його комплектація, тобто ефективні системи аерації, активного вентилявання, термометрії та датчики вимірювання рівня вологості для контролю процесів, які відбуваються під час зберігання зерна. Силос може забезпечити надійне тривале зберігання кондиційного зерна за низьких енергетичних витрат, а також тимчасове зберігання вологого зерна з вентиляванням і охолодженням. Крім прийому та зберігання зерна, в силосі є можливість провести такі технологічні операції: досушування та охолодження зернової маси; знезараження зерна і проведення дезінфекції конструкційних елементів; пошаровий контроль температури; відбирання проб зерна. Основними перевагами металевого силоса проти підлогового зберігання зерна в зерносховищах є надійність, легкість, непроникність, що особливо важливо для боротьби з шкідниками. Зручним є завантаження зерна в силос і вивантаження з нього.

**Ключові слова:** зерно, зернова маса, зерносховище, насіння, силос, зберігання зерна, відбирання проб, досушування, вентилявання.

**Вступ.** Металевий силос для зберігання зерна вважається в нашій країні перспективним обладнанням. Проте рівень забезпеченості силосними конструкціями сільськогосподарських підприємств є недостатнім. Нормативна база у сфері використання силосних конструкцій потребує розширення, а практична діяльність – удосконалення через дефіцит наявної інформації, випадки неякісних робіт, які виконують у процесі монтажу силосних зерносховищ та помилки під час їх експлуатації.

**Постановка проблеми.** Однією з важливих проблем для України є створення сучасних зерносховищ і відпрацювання технології зберігання продовольчого та фуражного зерна основних сільськогосподарських культур [1]. Вирішення цієї проблеми можливе сучасними методами та режимами зберігання зерна, що є основою під час проектування сховищ різних модифікацій [2, 3]. Тривалість зберігання зерна залежить від якості первинної обробки і доведення зернової маси до кондиційного стану.

**Мета досліджень.** Провести апробацію сучасного силоса для ефективного зберігання зерна.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Зараз Україна вже є одним з найбільших сільгоспвиробників у світі. Наша країна займає передові місця з виробництва та експорту сільськогосподарських продуктів, зокрема зерна. Світові ціни на зернові мають змішану динаміку, тому, щоб продати врожай зернових за найвигіднішими цінами, зерно потрібно тимчасово зберігати.

Зараз найсучасніша та найоптимальніша технологія зберігання зерна – у металевому силосі, що займає

особливе місце в елеваторній промисловості. Під силосом розуміють таке зерносховище, у якого висота більш ніж у 1,5 раза перевищує його поперечний розмір. Зберігання зерна в силосі механізоване на 100 % і забезпечує порівняно низький рівень витрат на 1 т вантажообігу та своєчасний контроль якості зерна.

Силос призначений для зберігання товарного зерна зернових, бобових та олійних культур, а також сипких продуктів, які не злежуються. Він може використовуватись у складі зерносховищ, зерноочисних і зерносушильних комплексів, встановлених на насіннообробних, хлібоприймальних та зернопереробних підприємствах, перевалочних пунктах з одного виду транспорту на інший, фермерських і колективних господарствах з виробництва зернових, а також міжгосподарських об'єднаннях. Силосні башти поділяються на прямокутні та круглі. Типорозмірний ряд силосів складається з моделей, які відрізняються між собою габаритними розмірами (діаметром, висотою, місткістю) та можуть мати різне виконання дна – конусне або плоске.

Зберігання у силосних модулях може відбуватися з активним вентиляванням та у газовому середовищі. У випадку силосу з конусним дном (рис. 1) система активної вентиляції зерна складається з вертикального повітророзподільника та повітровідводів. Конусне дно використовують у самовивантажувальному силосі, плоске дно – в силосі з примусовим вивантаженням. Кут нахилу конусу днища (40, 45 та 60 градусів) забезпечує оптимальні умови самопливного вивантаження сировини, яка зберігалась, на транспортер, встановлений під вивантажувальною засувкою. У ниж-

© Постельга К., Сліпенька В. 2018

ній частині конусного днища є вивантажувальний пристрій. Зверху конус опирається на головне опорне кільце, яке передає навантаження від ваги зерна і ваги металоконструкції на вертикальні опори силоса.

Силос із плоским дном (рис. 2) [4] призначений для довготривалого зберігання зерна, його вивантажують зачисним шнеком за принципом "першим прийшов - першим вийшов" («First-in, First-out»). Плоска основа силоса з вентиляційними каналами представляє собою цокольну частину у вигляді залізобетонної плити, яка є опорою фундаменту, з тунелями для встановлення та обслуговування вивантажувальних транспортерів зерна. Із силоса з плоскою основою зерно вивантажується через центральний люк і додаткові люки в днищі силоса на нижній транспортер вивантажувальним транспортером. Залишки зерна доочищаються гвинтовим транспортером, який встановлюють у спеціальних тунелях у бетонному фундаменті. Застосування повітря перемінної температури дозволяє реалізовувати безпосередньо в завантаженому силосі досушування, дозрівання, охолодження і консервацію зерна різної вологості.

Наявні два основних способи розміщення зерна в сховищах [5]:

- підлогове (насіпом або в тарі на підлогах складів за невеликої висоти шару зерна, звичайно не більше 4-5 м, і лише в складах з похилою підлогою шар зерна досягає - 9 м);
- силосне (висота насипу зерна досягає 30-40 і навіть 60 м).

За підлогового зберігання площа контакту зерна із зовнішнім повітрям більша. Повітря під час провітрювання складів може проникати в товщу насипу зерна і забирати частину тепла й вологи. За такого способу можна зберігати зерно з підвищеною вологістю, розташовуючи його тонким шаром (до 1 м). Однією з переваг підлогових зерносховищ є те, що в них можна зберігати хлібопродукти, як насіпом (зерно), так і в мішках (борошно, крупа тощо).

Підлогові зерносховища відрізняються низьким коефіцієнтом використання площі складу, що підвищує їхню вартість на одиницю місткості. Цей недолік компенсується тим, що можна споруджувати однопо-

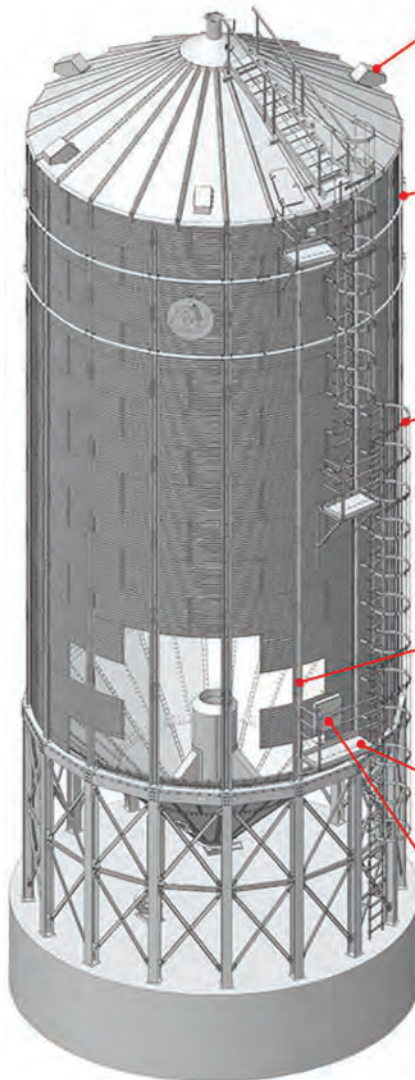


Рис. 1 – Силос із конусним дном  
верхові, прості за конструкцією склади з місцевих матеріалів. Щоправда, механізувати підлогові зерносховища складно.

За силосного зберігання набагато краще, порівняно з підлоговим, використовується площа складу, дешевша й простіша повна механізація робіт. Однак, вартість силосних сховищ, як правило, вища, тому що для їхнього спорудження поряд з місцевими потрібні ще дорогі матеріали: сталь, цемент тощо. Але ці витрати окупаються зменшенням витрат з експлуатації та підвищенням продуктивності праці.

Розміщене в силосі зерно недостатньо провітрюється, тому зберігати його з підвищеною вологістю можна лише короткочасно в тих випадках, коли воно пройшло післязбиральне дозрівання або коли відповідні сховища обладнані установками для активного вентилявання.

Силос для зберігання зерна – оптимальне вирішення проблеми зберігання його якості.

### Результати досліджень.

Апробацію металевих спіральньо-фальцевих силосів МСФС виробництва ТОВ "Креатив-Агроماش" проводили у фермерському господарстві «Корида», с. Подорожне, Світловодського району, Кіровоградської області [6]. До складу силосу входить дах, корпус, днище тощо (рис. 3). Дах силоса представляє собою просторову конусну конструкцію, зібрану з ребер жорсткості і трапецієподібних секторів з оцинкованої сталі, на болтових з'єднаннях з ущілювальними прокладками. Дах має пристрій для завантаження зерна і обладнаний драбиною для обслуговування, оглядовим люком і засобами для кріплення та обслуговування термомірів системи пошарового контролю температури продукту, який зберігається. Конструкція даху виключає можливість потрапляння в силос атмосферних опадів, проникнення птаці тощо. На даху змонтовані повітровідводи. Залежно від діаметра дах силоса може бути однорівневим, дворівневим чи трирівневим. Для забезпечення максимального вмісту силосу кут нахилу даху складає від 26° до 30°.

Дах силоса з купольним ковпаком має верхнє опорне кільце з косинками для кріплення перил даху. На даху встановлено панель з оглядовими люками для зручного доступу з бічної драбини і драбини даху.

Корпус силоса має спіральне з'єднання з оцинкованої сталеві стрічки способом подвійного вальцювання. Товщина стрічки корпусу за висотою силоса різна, що забезпечує оптимальну міцність за мінімальної металемності конструкції. Стіни корпусу силоса укріплені внутрішніми вертикальними ребрами жорсткості, які для забезпечення надійного стику з'єднанні накладками такої ж форми, як і ребро. На корпусі встановлені драбини із захисними перилами для обслуговування та вхідний люк.

У нижній частині силоса розміщено підпідлогові ланцюговий та шнеко-



Рис. 3 – Металевий спіральньо-фальцевий силос типу МСФС

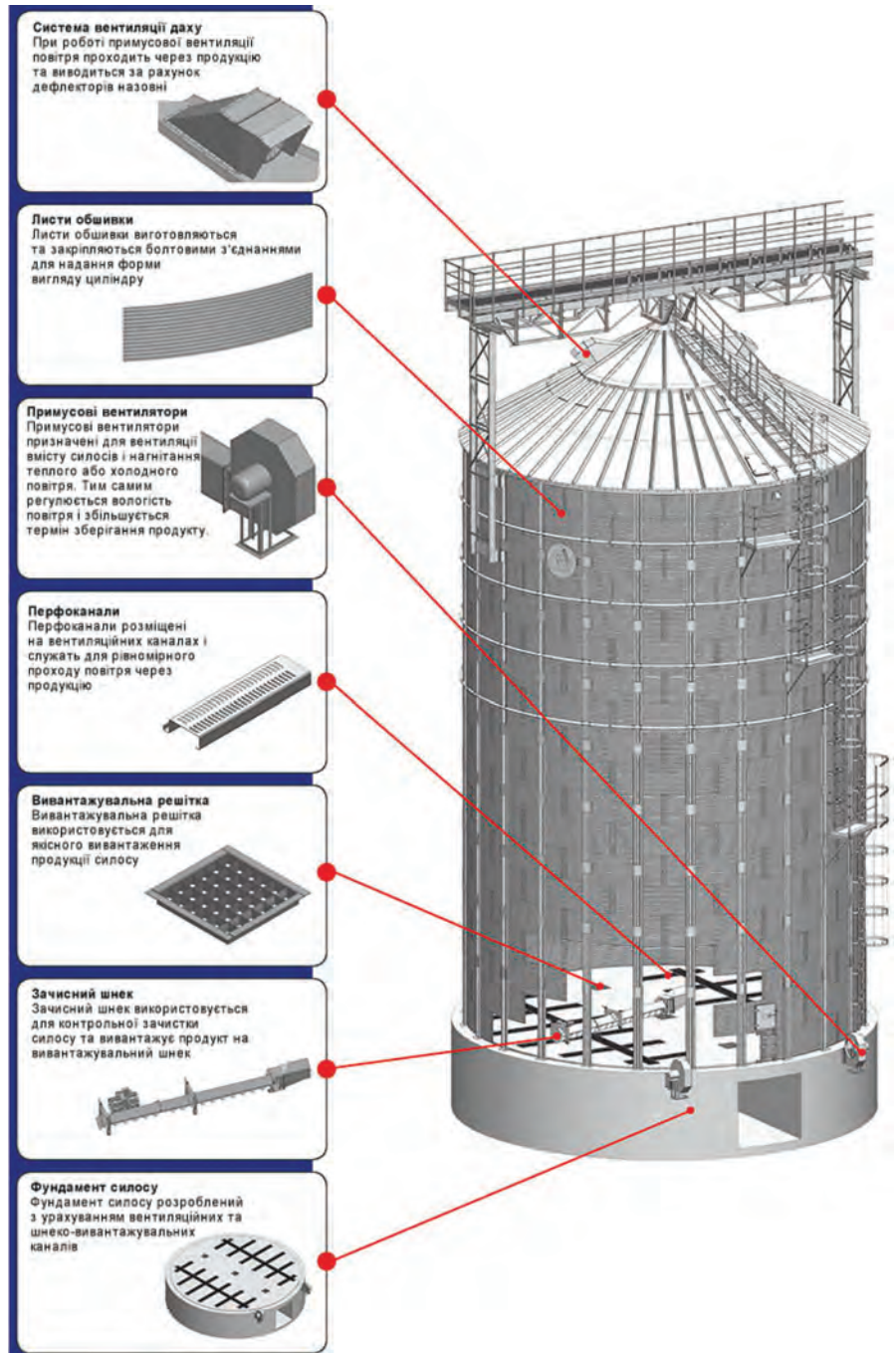


Рис. 2 – Силос із плоским дном

вий транспортери вивантаження. Також днище оснащено вентиляційними каналами для продування продукту, який зберігається.

Зерно з силоса з плоским днищем вивантажують через центральний і додаткові люки, які закриваються в днищі силоса, на нижній транспортер. Залишки зернового насипу видаляють транспортером, встановленим у спеціальних тунелях бетонної основи.

Вхідні двері (люк обслуговування) розташовані у нижньому ярусі корпусу силоса на висоті 1-1,5 м від рівня землі і представляють собою зварний каркас з дверима на петлях, які відкриваються всередину та оснащені пристроєм для вивантаження зерна.

Силос обладнують системами активного або природного вентилявання зерна: один чи декілька вентиляторів, повітропідводні патрубки, пристрій розподілення повітря в насипі зерна: у випадку плоского

днища – аероднище, у випадку конусного днища – вертикальний повітродозподільник, повітровідводи.

Позитивні характеристики силоса:

- монтують силос на вальцювальному станку з оцинкованої сталі різної товщини, що забезпечує скорочення термінів монтування та зменшення витрат праці;

- кожен виток дає ребро міцності, що зміцнює конструкцію, підвищує опір конструкції радіальним навантаженням;

- за тривалого експлуатування конструкція не піддається деформації;

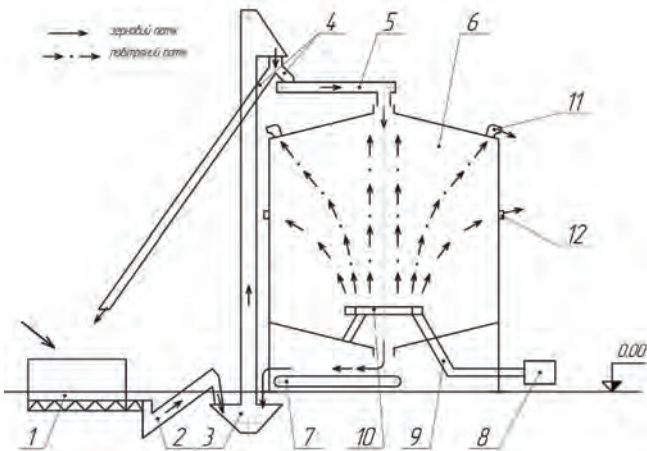
- монтують силос за різних погодних умов;

- вартість удосконаленого силоса значно менша від традиційних.

Отже, сучасний силос МСФС завдяки своїм позитивним характеристикам може конкурувати з відповідним обладнанням зарубіжного виробництва.

**Технологічний процес.**

Технологічна схема силоса наведена на рис. 4. Зерно, просушене до потрібної вологості системою транспортерів (норій та редлерів завантаження), транспортується до завантажувального отвору даху силоса. Далі, під дією гравітаційної сили, зерно надходить самопливом у силос.



1 - бункер розвантаження сталевий, 2 - транспортер похилий, 3 - норія, 4 - самопливне обладнання, 5 - транспортер горизонтальний, 6 - силос, 7 - транспортер горизонтальний нижній, 8 - вентилятор, 9 - опора повітропроводу, 10 - вертикальний повітродозподільник, 11 - повітровідвід даховий.

Рис. 4 – Технологічна схема силоса МСФС

Силос обладнаний системою контролю температури і наповнення для дистанційного, з пульта диспетчера, контролю вказаних параметрів. У днищі силоса розміщені вентиляційні канали, обладнані вентиляторами для провітрювання. Канали розміщені так, щоб вентиляція зерна в силосі відбувалась рівномірно у всьому об'ємі. Канали закрито оцинкованими решітками, які не допускають втрат дрібного матеріалу. Таке рішення забезпечує ефективне вентиляція зернової маси.

Зерно із силоса розвантажують транспортерами, розташованими у нижній частині, на які воно подається самопливом після відкриття засувки.

Основну масу зерна з силоса розвантажують через центральну засувку та бокові засувки. Залишок зерна розвантажують зачисним шнеком на дні силоса через

центральний вивантажувальний отвір.

Показники, які характеризують умови апробації обладнання, наведені в табл. 1

Таблиця 1 – Показники, які характеризують умови апробації

Показник	Значення показника за даними	
	нормативної документації	апробації
Температура повітря, °С	Від мінус 50 до + 45 <sup>*)</sup>	3,0
Відносна вологість повітря, %	100 за 25°С <sup>*)</sup>	46
Вид роботи	Тривале зберігання зерна зернових, зернобобових та інших с.-г. культур	Зберігання зерна
Технологічний матеріал	Зерно с.-г. культур	Кукурудза
Якість зерна, яке завантажується		
Вологість зерна, %	не більше 15 <sup>**)</sup>	14,1
Засміченість зерна, %:		
- основне зерно, %	-	85,7
домішки, % :		
- смітні	не більше 5 <sup>**)</sup>	3,6
- зернові	не більше 15 <sup>**)</sup>	10,6
Маса:		
- абсолютна (1000 зерен), г	-	300,6
- натурна, кг/м <sup>3</sup>	до 800	690
Напруга мережі живлення, В	380/220	389/225
<sup>*)</sup> ГОСТ 15150 [7]		
<sup>**)</sup> ДСТУ 4525[8]		

Показники оцінки якості виконання технологічного процесу наведені в табл. 2.

Таблиця 2 – Показники оцінки якості виконання технологічного процесу

Показник	Значення показника за даними	
	нормативної документації	апробації
Якість виконання технологічного процесу		
Характеристика зерна :		
- культура	Товарне зерно зернових, бобових та олійних культур, а також сипких продуктів, що не злежуються	Зерно кукурудзи
- вологість, %	не більше 15 <sup>*)</sup>	11,2
- засміченість зерна, %:		
основне зерно		82,2
домішки:		
смітні	не більше 5 <sup>*)</sup>	3,4
зернові	не більше 15 <sup>*)</sup>	14,4
Маса:		
- об'ємна, кг/м <sup>3</sup>	до 800	695
- абсолютна, г		297,8
<sup>*)</sup> ДСТУ4525 [8]		

Металевий спірально-фальцевий силос МСФС задовільно виконує технологічний процес зберігання зерна за охолодженням, активною вентиляцією та підсушуванням провітрюванням. Під час експлуатації обладнання технологічний процес відбувається в автоматичному режимі за участю оператора.

Показники економічного оцінювання наведені в табл. 3.

Таблиця 3 – Показники економічного оцінювання

Показник	Значення показника
Річні витрати праці (зберігання зерна протягом 5 місяців), люд.-год.	300
Річні експлуатаційні витрати (термін зберігання 5 місяців), грн	60914,90
з них:	
- витрати на заробітну плату з нарахуваннями	7686,00
- амортизаційні відрахування	21504,00
- витрати на ремонт і технічне обслуговування	21504,00
- витрати на електроенергію	10220,90

Річні експлуатаційні витрати металевого спірально-фальцевого силоса МСФС під час зберігання зерна протягом 5 місяців становлять 60914,90 грн. Силос такого об'єму економічно вигідно використовувати у фермерських господарствах: витрати на зберігання зерна у силосі безпосередньо у виробника будуть удвічі нижчі за відповідний показник на елеваторах; експлуатація такого силоса порівняно з аналогами зарубіжного виробництва дозволяє зменшити річні експлуатаційні витрати на 15-20% залежно від виробника завдяки меншій ціні.

**Висновки.** Для забезпечення зберігання зерна в силосі виробники надають значну увагу їхній елементній базі та відповідним системам. Це обумовило значний розвиток технології їхнього виробництва та достатньо високий технічний рівень вентиляційних систем, які забезпечують належну аерацію зерна і відповідний температурний режим у процесі його зберігання, завдяки чому досягається якісне зберігання зерна без втрат його кількості, споживчих і посівних характеристик. Що стосується практики зберігання зернових культур, то силос можна вважати найбільш рентабельним. По-перше, це швидке будівництво та зручність обслуговування такого обладнання. По-друге, це його комплектація, тобто ефективні системи аерації, активного вентилявання, термометрії та датчики вимірювання рівня вологості для контролю процесів, які відбуваються під час зберігання зерна. Силос може забезпечити надійне тривале зберігання кондиційного зерна за низьких енергетичних витрат, а також тимчасове зберігання вологого зерна з вентиляванням і охолодженням. Крім прийому та зберігання зерна, в силосі є можливість провести такі технологічні операції: досушування та охолодження зернової маси; знезараження зерна і проведення дезінфекції конструкційних елементів; пошаровий контроль температури; відбирання проб зерна. Основними перевагами металевого силоса порівняно з підлоговим зберіганням зерна в зерносховищах є надійність, легкість, непроникність, що особливо важливо для боротьби з шкідниками. Зручним є завантаження зерна в силос і вивантаження з нього.

### Література

1. Богза В.Г. Дослідження пружно-деформованого стану сталевих силосів при нерівномірному осіданні фундаментів / В.Г. Богза, О.І. Норинський / Перспективна техніка і технологія. – Миколаївський НАУ. – 2015 р.

2. Норинський О.І. Аналіз конструкцій сховищ для зберігання зерна / О.І. Норинський, М.А. Бурима, Р.М. Гула / Перспективна техніка і технологія. – Миколаївський НАУ. – 2016 р.

3. Муха В. Обладнання для зберігання зерна та інших матеріалів від компанії «Креатив-Агромаш» / В. Муха // Техніка і технології АПК. – 2017. - №8- с.45-46.

4. Закладной Г. Комплекс для сохранения зерна в металлических силосах / Г. Закладной // Хлебопродукты. – 2014. – № 8. – С. 40 - 41.

5. Бібік М.В. Класифікація силосних зерносховищ / М.В. Бібік, В.М. Бібік, І.О. Бібік / Зб. наук. праць Полт. НТУ. – Вип.1(40) – 2014 р.

6. Протокол державних приймальних випробувань технічного засобу для АПК. – Металеві спірально-фальцеві силоси типу МСФС. – № 2185/0705-01-2017 від 27 жовтня 2017 р. / УкрНДІПВТ ім. Л. Погорілого. – Дослідницьке, 2017. – 30 с.

7. ГОСТ 15150-69 Машины, приборы и другие технические изделия. Исполнения для различных климатических районов. Категории, условия эксплуатации, хранения и транспортирования в части воздействия климатических факторов внешней среды.

8. ДСТУ 4525-2006 Кукурудза. Технічні умови.

**Аннотація.** В статті приведені результати апробації сучасного силоса для зберігання зерна. Для забезпечення зберігання зерна в силосі виробники надають значну увагу їхній елементній базі та відповідним системам. Це обумовило значний розвиток технології їхнього виробництва та достатньо високий технічний рівень вентиляційних систем, які забезпечують належну аерацію зерна і відповідний температурний режим у процесі його зберігання, завдяки чому досягається якісне зберігання зерна без втрат його кількості, споживчих і посівних характеристик. Що стосується практики зберігання зернових культур, то силос можна вважати найбільш рентабельним. По-перше, це швидке будівництво та зручність обслуговування такого обладнання. По-друге, це його комплектація, тобто ефективні системи аерації, активного вентилявання, термометрії та датчики вимірювання рівня вологості для контролю процесів, які відбуваються під час зберігання зерна. Силос може забезпечити надійне тривале зберігання кондиційного зерна за низьких енергетичних витрат, а також тимчасове зберігання вологого зерна з вентиляванням і охолодженням. Крім прийому та зберігання зерна, в силосі є можливість провести такі технологічні операції: досушування та охолодження зернової маси; знезараження зерна і проведення дезінфекції конструкційних елементів; пошаровий контроль температури; відбирання проб зерна. Основними перевагами металевого силоса порівняно з підлоговим зберіганням зерна в зерносховищах є надійність, легкість, непроникність, що особливо важливо для боротьби з шкідниками. Зручним є завантаження зерна в силос і вивантаження з нього.

**Summary.** The article presents the results of testing of modern silos for storage of grain. Manufacturers pay

close attention to their elemental base and their respective systems to ensure silage grain storage. This resulted in a significant development of the technology of their production and a sufficiently high technical level of ventilation systems that ensure the proper aeration of grain and the corresponding temperature regime during its storage, which ensures a high quality grain storage without loss of its quantity, consumer and crop characteristics. As for the practice of storing grain crops, silage can be considered the most cost-effective. Firstly, it is a quick construction and convenient maintenance of such equipment. Secondly, it is their complete set, and actually effective systems of aeration, active ventilation, thermometry and sensors of measuring the level of humidity that control the processes that occur during the storage

of grain. Silos can provide reliable long-term storage of conditioned grain at low energy costs, as well as temporary storage of wet grain with ventilation and cooling. In addition to the reception and storage of grain, silage has the opportunity to carry out the following technological operations: drying and cooling of the grain mass; disinfection of grain and disinfection of structural elements; layer temperature control; sampling of grain. The main advantages of the metal silo compared with the grain storage in the grain storage facilities is reliability, ease, and impenetrability, which is especially important for pest control. The loading and shipment of grain in silage is convenient.

Стаття надійшла до редакції 16 жовтня 2018 р.