

СТАН ТА РОЗВИТОК ТЕХНІКИ І ТЕХНОЛОГІЙ ДЛЯ ЗБЕРІГАННЯ ЗЕРНА В УКРАЇНІ

М. Я. Кирпа

Державна установа Інститут зернових культур НААН, вул. Володимира Вернадського 14, м. Дніпро, 49009, Україна

Актуальність досліджень пов'язана з проблемою зберігання зерна, необхідністю більш ефективного використання матеріально-технічної бази, у тому числі зерносховищ нового покоління. Детально розглянуто особливості зберігання зерна кукурудзи в металевих силосах за впливу різних факторів навколишнього середовища. **Метою роботи** є встановити типи зерносховищ, які найбільшою мірою придатні для зберігання врожаю різних культур, удосконалити металеві силоси та технології зі збереження зерна кукурудзи. **Матеріали і методи** включають зберігання зерна кукурудзи в моделях металевих силосів, обладнаних системою датчиків для виміру температури в різних місцях насипу. Використовували дві моделі – контрольну типової комплектації і експериментальну, з теплоізоляцією, шляхом нанесення шару поліуретану на стінки. Якість насіння в процесі зберігання контролювали за показниками вологості, смітності, травмованості, схожості. **Результати.** Охарактеризовано різні типи сховищ, у яких зберігається основний об'єм врожаю, висвітлено їх техніко-економічні і технологічні переваги та недоліки, намічено напрями подальшого розвитку. Встановлено особливості зберігання зерна кукурудзи в металевих сховищах залежно від впливу зовнішніх метеоумов упродовж 60 діб. Температурні коливання у сховищі із теплоізоляцією становили 7,1–13 °С, без ізоляції – 4,5–25,9 °С. Внаслідок значних температурних коливань відбувалося зволоження зерна на 2,2 %, його кислотність збільшувалася на 1 градус, схожість знижувалась на 7 %. На стадії підготовки до зберігання ефективним є пофракційне сепарування, з доведенням чистоти зерна до 93–97 % шляхом вилучення зернової домішки. **Висновки.** Термозахист металевих силосів значно знижує негативний вплив від коливань температури зовнішнього повітря, стабілізує режим зберігання, забезпечує високу якість зерна кукурудзи. Стійкість зерна при зберіганні підвищується у разі відбору від нього фракції зерна дрібного, невиповненого, з низькою масою 1000 зерен.

Ключеві слова: типи зерносховищ, металеві силоси, термозахист, кукурудза, якість, підготовка до зберігання

Вступ. У технологіях виробництва та переробки зерна особливе значення мають способи його надійного зберігання. Надійне зберігання означає збереження зібраних обсягів зерна, скорочення його кількісних та якісних втрат. Проте, за даними Всесвітньої організації здоров'я близько 25 % зерна, що зберігається, уражується різними токсичними мікроорганізмами, тому зростають втрати продукції, погіршується її якість. За повідомленнями іншої організації – Міжнародної сільськогосподарської комісії (статус ООН) втрати зерна оцінюються на рівні 10–12 % від зібраного врожаю, саме через порушення технології його зберігання.

Для зменшення втрат і збереження якості продукції пропонуються різні способи зберігання залежно від стану і призначення врожаю. Основний спосіб, який більше всього практикується, здійснюється на принципі ксероанабіозу, тобто зерно зберігається в сухому стані із кондиційною вологістю, визначеною для кожної культури [1, 2]. Для такого зберігання використовують різне обладнання та сховища, які за конструкцією і технологією поділяються на наземні складського типу та силосні баштової побудови. У заготівельній системі більшою мірою розповсюджені силосні сховища, які характеризуються підвищеною місткістю і надійністю конструкції.

Інформація про авторів:

Кирпа Микола Якович, доктор с.-г. наук, професор, заступник директора з наукової роботи, e-mail: tk170@ukr.net, <https://orcid.org/0000-0002-6893-8180>

Постановка проблеми. Останнім часом в Україні зростає кількість металевих сховищ силосного типу для зберігання зерна. Їх безперечними перевагами є високі техніко-експлуатаційні показники, а саме – швидке будівництво на основі використання збірних, заздалегідь підготовлених елементів, широкий типорозмірний ряд, механізація завантажувально-розвантажувальних робіт, можливість вентиляції, охолодження та герметизації, залежно від стану і призначення зернових мас [3–5]. Як правило, металеві сховища оснащуються системою термометрії, яка дозволяє постійно слідкувати за температурним режимом зберігання зерна. Тому такі сховища активно будуються як в системі заготівлі (елеватори, хлібоприймальні підприємства), так і в умовах звичайних фермерських господарств для зберігання врожаю зерна різних культур. В особливих випадках металеві сховища можуть мати ще і високий рівень утилізації в разі їх заміни чи інших непередбачуваних обставин.

Але все ж металеві сховища не є принципово новими в технологіях зберігання, оскільки їх раніше використовували у вигляді оперативних чи накопичувальних місткостей в складі механізованих потокових ліній для приймання, очищення і сушіння врожаю зерна [6, 7]. Однак у цих місткостях зерно зберігали короткий час, тому особливих питань щодо збереження кількості і якості зерна не виникало.

Проте все частіше металеві сховища, в тому числі збільшеної місткості, застосовують для тривалого зберігання врожаю, для того щоб його реалізувати за найвищими цінами. Термін тривалого зберігання може досягати 6–8 місяців і більше, тому може включати різні погодно-кліматичні умови. Є спроби зберігати в таких сховищах насінний матеріал, який не потребує окремого розміщення та пакування в дрібну тару.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Незважаючи на широке впровадження металевих зерносховищ, інформація щодо техніко-технологічних особливостей зберігання зерна різних культур в них вкрай обмежена. Використання зарубіжного досвіду з експлуатації металевих сховищ не повністю до зберігання була досить високою. В процесі зберігання контролювали якість зерна за

відповідає вітчизняним умовам. В зв'язку з цим на практиці виникають різні питання, які пов'язані зі зберіганням, наприклад, які культури можна в них зберігати та параметри їх збереження, допустимі терміни, якість продукції тощо. Не встановлено показники і фактори: динаміку температури і вологості зерна в сховищі відносно зовнішніх метеоумов, газовий склад в зерновій масі, якість продукції в процесі зберігання. Слід також зважати на конкретні погодно-кліматичні умови і місце будівництва, оскільки сховища експлуатуються, як правило, на відкритих незахищених майданчиках і зазнають значної дії зовнішніх факторів. Не виявлено особливості підготовки зерна до зберігання в металевих сховищах – його допустима вологість, чистота, рівень ушкодження та інші показники залежно від призначення продукції. Відсутні дані щодо режимів зберігання насінного зерна і його допустимих термінів. Всі ці питання постійно виникають в ході експлуатації металевих сховищ, тому слід провести їх більш широке науково-практичне вивчення, виявити основні фактори, які впливають на якість зерна, розробити науково-обґрунтовані пропозиції щодо удосконалення сховищ.

Мета роботи – проаналізувати відомі технології і техніку для зберігання зерна, дослідити особливості збереження зерна кукурудзи в сховищах металевих типу, надати пропозиції для їх удосконалення.

Матеріали і методи дослідження. Досліді зі зберігання зерна проводили в металевих сховищах – моделях, обладнаних системою термометрії для виміру температури в різних місцях насипу. В досліді використовували дві моделі, одну для зберігання зерна в звичних умовах (контроль), іншу з термозахистом, з нанесенням шару поліуретану на зовнішні стінки сховища. Зерно кукурудзи для дослідів збирали комбайном, з вологістю 13–14 %. Перед завантаженням у сховище проводили очищення зерна від смітних домішок, частково і зернових. Після очищення зерна вміст домішок становив 5–6 %, травмованість зародку зернини сягала 31–38 %, життєздатність за показником схожості дорівнювала 94 %, тобто здатність зерна кукурудзи показниками вологості, чистоти, кислотності, травмованості, схожості за чинни-

ми методиками [8]. Для аналізу технологій і техніки для зберігання зерна використовували результати досліджень різних авторів, а також результати попередніх власних досліджень з кукурудзою [9–11].

Результати дослідження. Проаналізо-

вано типи сховищ, які найбільш поширені в системах зберігання зерна, визначено їх техніко-технологічні характеристики з урахуванням якості та призначення продукції (табл. 1). До найбільш поширених відносяться баштові сховища, складські приміщення

Таблиця 1. Порівняльна характеристика різних типів зерносховищ

Тип	Переваги	Недоліки
Силос-башта металевий	Високий рівень будівництва і складання із підготовлених елементів. Системний контроль за зберіганням. Широкий типорозмірний ряд за місткістю, можливість герметизації	Залежність від метеоумов. Подрібнення зерна при завантаженні. Регулярний догляд за металевими конструкціями.
Силос-башта бетонний	Стабільний режим зберігання. Можливість частого перезавантаження. Надійність конструкції	Складне будівництво, обслуговування і контролювання якості зерна. Подрібнення зерна при завантаженні
Склад наземний	Спрощене будівництво та використання місцевих матеріалів. Незначне подрібнення зерна. Можливість роздільного зберігання різних партій	Незадовільний рівень механізації, обмежена місткість. Низький коефіцієнт використання території
Сховище – рукав полімерний зерновий (ПЗР)	Відсутність капітальних витрат. Швидке будівництво і розміщення різних партій зерна. Маневреність у виборі місця.	Значна залежність від зовнішніх метеоумов. Можливість ушкодження рукава і постійний контроль за його станом та якістю зерна. Обмеження за вологістю зерна.

та полімерні зернові рукави.

Сховище – рукав полімерний зерновий (ПЗР) відноситься до найпростіших типів сховищ, які застосовуються для зберігання зерна продовольчого, технічного і кормового напряму використання. Рукав виглядає як горизонтальний циліндр, який вкладений на поверхню з твердим покриттям, має певні розміри. До основного розміру належить діаметр рукава, він становить 2700 або 3000 мм, довжина залежить від величини партії зерна. У середньому рукав розрахований на розміщення в ньому 200 т зерна. Рукав виготовляють з спеціальної поліетиленової плівки підвищеної міцності, здатної витримувати як механічні навантаження, так і коливання температури. Для завантаження зерна в рукав і його розвантаження використовують спеціальну техніку, яка складається із зернопакувальної машини (беггера) і розвантажувача. Такі сховища зазвичай застосовують за відсутності стаціонарних сховищ, у разі збільшення врожаю зерна та за раптового його надходження на зберігання. Експлуатація

сховища виявила його особливості – зерно має бути сухим і однорідним за вологістю, в процесі зберігання здійснюється постійний контроль як за станом рукавів, так і за зерновою масою, за перших ознак псування (зігрівання, пліснявіння, невластивий запах) їх негайно усувають. Технологія зберігання зерна у зерносховищах із застосуванням полімерних зернових рукавів є офіційно визнаною і затверджена Мінагрополітики України (наказ № 10 від 04.02.2011 р.)

З усіх типів капітальних сховищ склад наземний має найдавнішу історію експлуатації і застосовується для зберігання зерна різних культур. У системі хлібоприймальних підприємств розповсюджені різні типи складів залежно від конструкцій і місткостей. За конструкцією вони поділяються на приміщення з горизонтальною і схиленою підлогою, за місткістю вони різні і розраховані на об'єми зерна 2500, 3000, 3200, 3600, 5500 тонн за розрахунку на насипну щільність пшениці. Проте останнім часом практичне значення сховищ цього типу зменшується, а

обсяги зберігання зерна в них скорочуються. Їх застосування залишається ефективним лише при зберіганні зерна насінневого призначення, а також культур, які потребують м'яких режимів обробки, наприклад, соняшника, ріпаку, кукурудзи. На перспективу розвиток цих сховищ може здійснюватися у напрямі будівництва складів ангарного (арочного) типу зі стінками, які мають термозахист. До спеціальних сховищ арочного типу належать пневматичні склади повітряно-напірної конструкції, у який оболонка виготовлена з капронової тканини.

До основних капітальних сховищ належать сховища силосного типу, які складають основу лінійних і портових елеваторів. Силосом вважається зерносховища циліндричної або прямокутної форми, у якого висота стін значно перевищує розмір поперечного перерізу. Висота силосів може досягати 30–40 м залежно від місткостей сховища та його будівельних елементів. Силосні корпуси будуються із збірних або монолітних залізобетону, таким чином досягається на-

дійність конструкції і забезпечується стабільний режим зберігання зерна. Силосні корпуси поєднуються з пристроями для приймання-відвантаження партій зерна та з робочою будівлею, у якій здійснюється обробка зерна, його очищення, сушіння, вентилявання, аерація. Незважаючи на ряд переваг все ж сховища цього типу подальшого розвитку не мають, їх будівництво останнім часом призупинено у зв'язку з появою сховищ металевих типу.

Спорудження металевих силосів є відчутним техніко-технологічним проривом в організації збереження зернових мас. За рядом показників – вартістю, трудомісткістю, витратою будівничих матеріалів, швидкістю монтажу, у тому числі у будь-яку пору року, металеві силоси мають відчутну перевагу і найвищі ранги, на рівні 1–2, порівняно із залізобетонними сховищами збірної і монолітної конструкції (табл. 2). Проте за рангом «захист від метеоумов» металеві сховища поступаються іншим.

Отже, основним недоліком металевих

Таблиця 2. Ранжування зерносховищ силосного типу за основними техніко-технологічними і конструктивними показниками*

Показники	Залізобетонні силоси			Металеві силоси
	збірні	монолітні	збірні великого діаметру	
Вартість кошторисна	4	3	2	1
Трудомісткість				
загальна	3	4	2	1
будмонтажу	4	3	2	1
Витрата будматеріалів				
бетон	3	4	2	1
сталь	3	4	1	2
Швидкість монтажу	2	4	3	1
Можливість монтажу в будь-яку пору року	так	ні	так	так
Захист від метеоумов	2	1	3	4

Ранг сховища: 1 – високий, 2 – середній, 3 – задовільний, 4 – низький

зерносховищ є висока теплопровідність стін і покрівлі, значне коливання температури зерна, передусім в периферійних шарах насипу. Внаслідок температурних коливань відбувається ущільнення насипу, зміна режиму зберігання, міграція вологи під впливом температурного градієнта. Відбувається також напруга металу: дослідження показали, що при температурному перепаді 80 °С (40 °С – влітку, 40 °С – взимку) потрібна, незалежно від

розмірів силосу, подвійна втрата сталі.

Отже, розвиток металевих зерносховищ має відбуватися насамперед у напрямі удосконалення і впровадження техніко-технологічних прийомів, що стабілізують процес зберігання зернових мас насамперед за їх температурним режимом. З цією метою нами проаналізовані метеоумови, які можуть складалися і впливати при збиранні, заготівлі і зберіганні врожаю кукурудзи. На прикладі

Дніпропетровської області проаналізовано температурний режим за різні періоди: на початку збирання у вересні, за масового збирання у жовтні – листопаді та при закінченні у грудні. Залежно від календарних строків збирання зерно, при надходженні до металевих сховищ може мати різну температуру. При цьому слід враховувати не тільки середню температуру повітря, а й максимальну, оскільки від неї можуть значно розігріватись або охолоджуватись металеві стінки зерносховищ. Наприклад, у першій половині жовтня максимальна температура становила за роки досліджень 13,8–23,0 °С, тобто значно перевищувала температуру, за якої зерно безпечно зберігається (до 10 °С). На початку листопада температура повітря трималась ще доволі на високому рівні, її максимальне значення досягало 14,1 °С. Лише починаючи з другої декади листопада максимальна температура повітря була на рівні 10 °С, а середня знижувалась до 2,5 °С, тобто розпочинався період безпечного зберігання

зібраного зерна кукурудзи за показником температури.

В цілому, виходячи з аналізу багаторічних даних, можна відмітити суттєве потепління клімату, що слід враховувати при зберіганні зерна в металевих сховищах, які більш залежні від зовнішніх умов та температури повітря. В середньому, за осінньо-зимовий період заготівлі і зберігання зерна кукурудзи підвищення температури відбулось на 1,4 °С порівняно із багаторічною. Характерною особливістю було також різке коливання температури між максимальною і мінімальною, за роки досліджень різниця становила 20 °С, а в окремі пори року досягала 26 °С.

Відмічені коливання температури повітря суттєво впливали на температурний режим, який складався всередині металевих зерносховищ (табл. 3). Проте наслідки впливу були різні і залежали від конструкції та ступеня термозахисту зерносховища.

У сховищі зі стінками, що мали шар

Таблиця 3. Показники зберігання зерна кукурудзи залежно від термозахисту металевих сховищ (упродовж 60 діб)

Показники	Контроль*	Стан сховища	
		з термозахистом	без термозахисту
Вологість, %	13,4	13,1	15,3
Чистота (вміст основного зерна), %	95,0	94,3	94,3
Травмованість зародку зерна, %	41,0	48,0	48,2
Температура насипу зерна, °С			
- при завантаженні	10,2	10,2	10,2
- у сховищі:			
пристінний шар	10,2	7,1–11,5	4,5–14,8
центральна частина	10,2	9,2–10,8	13,2–17,0
верхній шар	10,2	10,3–13,0	15,6–25,9
нижній шар	10,2	8,5–10,0	11,0–13,0
різниця між шарами	–	5,9	21,4
Кислотність, град	3,3	3,3	4,3
Життєздатність (схожість), %	94,0	92,0	85,0

* На початку зберігання

поліуретану, температура зерна була більш стабільною, ніж у зерносховищі без термозахисту, і поступово знижувалась внаслідок охолодження сховища атмосферним повітрям. Наприклад, протягом перших 32 діб зберігання температура зерна знижувалась в межах 9–5 °С, а наступних 32 діб – в межах 5,4–1,5 °С. У сховищі без термозахисту тем-

пература значним чином коливалась як в сторону підвищення, так і зниження. В окремі періоди зберігання температура зерна підвищувалась до 16,4 °С і знижувалась до 2,5 °С залежно від коливання зовнішньої температури.

Встановлено певний інерційний хід температури в зерні, яке знаходилося біля

зовнішніх стінок сховища порівняно з температурою повітря. В середньому інерція складала 1–2 доби, тобто температура зерна переважно в зовнішніх шарах насипу за такий час могла не співпадати з температурою атмосферного повітря.

Радіальна товщина насипу зерна в сховищі, в якому відбувались порівняно швидкі температурні зміни, складала в дослідах 0,2–0,3 м. На більшій відстані від стінок сховища зміна температури була менш помітною, проте вона закономірно підвищувалась або ж знижувалась залежно від температурного режиму повітря.

Температурні коливання в радіальних шарах призводили до суттєвої зміни режиму зберігання в насипі зерна, найбільших змін зазнавала верхня частина насипу. У цій частині підвищувалась температура та з'являлась конденсаційна волога порівняно з нижніми шарами насипу. Примусова аерація маси зерна невеликими об'ємами повітря (20–30 м³ в годину на 1 т зерна) також не давала позитивного наслідку і навпаки прискорювала переміщення теплого, насиченого вологою повітря у верхню частину сховища. При контакті такого повітря з верхнім, порівняно холодним шаром на поверхні зерна випадав конденсат.

Температурний режим, який складався в металевому сховищі, значним чином впливав на якість зерна. При зберіганні в сховищі, що мало термозахист, основні показники якості зерна (вологість, чистота, кислотність, життєздатність) практично не погіршувались впродовж 60 діб. В сховищах без термозахисту підвищувалась вологість на 2,2 %, кислотність зерна на 1 град, знижувалася схожість на 7 %, особливо з верхніх шарів насипу. Температурний режим складався наступним чином: у сховищі із термозахистом коливання температури зерна становило в межах 7,1–13,0 °С, а різниця між шарами складала 5,9 °С; без термозахисту – показники були 4,5–25,9 °С та 21,4 °С відповідно.

Отже, за стабільно низької температури в металевому зерносховищі, обладнаному термозахистом, зерно з високою якістю зберігалось впродовж 60 діб і більше. Однак температура зерна при завантаженні в сховище має бути не вище 9–10 °С. Така температура в Придніпровському регіоні настає у другій-

третій декадах жовтня, коли розпочинають масове збирання кукурудзи. Більш інтенсивне охолодження і зниження температури зерна можна забезпечити за рахунок технічних факторів, тобто вентиляванням зовнішнім повітрям.

В ряді робіт встановлено, що на стійкість та тривалість зберігання зерна кукурудзи значним чином впливають його фізико-механічні властивості, зокрема крупність зерен і ступінь очищення [12, 13]. Тому вивчали вплив маси 1000 зерен та чистоти зерна на схожість, як визначальний показник стійкості і здатності кукурудзи до тривалого зберігання. Різну чистоту створювали шляхом пофракційного очищення зерна і відбору від нього зернової домішки, вміст якої в дослідах становив 3, 7 і 15 % відповідно до вимог стандарту ДСТУ 4525:2006 [14]. Зернова домішка складалася із зерна битого, щуплого, дрібного, яке пройшло крізь сито з вічками діаметром 4,5 мм, але залишилось на ситі з вічками розміром 1,2x20 мм.

Виявлено, що за чистоти зерна в межах 93–97 % підвищувалась стійкість кукурудзи при зберіганні (табл. 4). За такої чистоти схожість зерна була вищою на 3–6 % порівняно з чистотою 85 % та після зберігання упродовж 240 діб. Збереження більш високої схожості можна пояснити фізіологічними процесами, що протікають у очищеній зерновій масі при зберіганні, а саме меншою інтенсивністю дихання всіх її компонентів.

На схожість зерна при тривалому зберіганні впливала також його маса. В дослідах при зберіганні дрібного, щуплого зерна, із масою 240 г, схожість знижувалась на 1–3 % порівняно із зерном крупним, виповненим із масою 280 г.

Висновки.

До найбільш поширених в Україні сховищ для зберігання врожаю зерна слід віднести склади наземні, силоси залізобетонні монолітної і збірної конструкції, рукави полімерні зернові. Останнім часом набувають розвитку силоси металеві, їх будівництво забезпечує значний техніко-економічний ефект і скорочує дефіцит місткостей зі зберігання.

Встановлено особливості зберігання зерна кукурудзи в металевих силосах, виявлено значний вплив зовнішніх метеоумов, дос-

Таблиця 4. Вплив крупності (маси 1000 зерен) та повноти очищення зерна кукурудзи на його схожість за тривалого зберігання

Маса 1000 зерен, г	Чистота зерна, %	Схожість (%) за зберігання, діб					
		60		120		240	
		1	2	1	2	1	2
280	85	96	84	96	83	94	81
	93	97	87	97	86	96	85
	97	97	87	97	87	97	86
240	85	96	84	94	82	93	78
	93	97	84	95	85	93	84
	97	97	87	96	86	96	86

1 – схожість за методики ДСТУ 4138; 2 – схожість за холодним тестом

ліджено прийом термозахисту. Теплоізоляція стінок силосів зменшувала температурні коливання в насипу зерна до 7,1–13,1 °С, без ізоляції вона становили 4,5–25,9 °С. Внаслідок значних температурних коливань у сховищі без термозахисту відбувалося зволоження зерна кукурудзи і погіршення його якості вже на 60 добу зберігання – вологість підвищувалась на 2,2 %, кислотність зростала на 1 град, схожість знижувалась на 7 %.

Встановлено особливості інших сховищ, зокрема склад наземний більшою мірою придатний для зберігання насінневого зерна, оскільки забезпечує роздільне розміщення окремих партій, збереження їх сортової чистоти. Розвиток таких сховищ передбачається в напрямку будівництва

ангарного типу зі стінками із теплоізоляційних матеріалів. Рукава полімерні зернові мають альтернативне значення за дефіциту будь-яких місткостей зі збереження врожаю зерна, насамперед у фермерських господарствах. Їх розвиток залежить від наявності спеціальних засобів – плівки пакувальної, техніки для завантаження і розвантаження рукавів.

Для підвищення стійкості та тривалості зберігання зерна кукурудзи рекомендується пофракційне сепарування із доведенням вмісту зернової домішки не більше 3–7 %. Із компонентів зернової домішки вилученню підлягає дрібне зерно, з меншою масою, оскільки є нестабільним при зберіганні і швидко знижує якість.

Використана література

1. Трисвятский Л. А., Лесик Б. В., Курдина В. А. *Хранение и технология сельскохозяйственных продуктов*. Москва: Колос, 1991. 440 с.
2. Кирпа М. Я. *Зберігання зерна – стан і перспективи розвитку в зв'язку зі збільшенням обсягів виробництва зерна в Україні*. Бюл. Ін-ту сіл. госп-ва НААН України. Дніпропетровськ, 2011. № 1. С. 9–14
3. *Машины, агрегаты та комплексы для післязбиральної обробки і зберігання зернових культур: посібник [Колектив авторів], за ред. В. І. Кравчука. М-во аграр. політики та прод-ва України; УкрНДІПВТ ім. Л. Погорілого. Дослідницьке: УкрНДІПВТ ім. Л. Погорілого, 2011. 224 с.*
4. Оськіна Н. М., Герасимчук О. П., Матвієнко Н. П. *Технологія зберігання та переробки зерна: Навчальний посібник, Умань: „Книга плюс”, 2012. 320 с.*
5. *Машины і обладнання для зберігання та комплексної обробки зерна*. А. С. Кобець, Ю. О. Чурсінов, С. А. Черних та ін. Дніпропетровськ: ДДАУ. 2014. 614 с.
6. *Вобликов Е. М. Технология элеваторной промышленности. Учебное пособие*. Ростов-на-Дону: издательский центр «МарТ», 2001. 192 с.
7. Подпратов Г. І., Скалещька Л. Ф., Сеньков А. М. *Технологія зберігання і переробки продукції рослинництва: навч. посібник*. Київ: ЦП Компринт, 2010. 495 с.
8. ДСТУ 4138-2002 *Насіння сільськогосподарських культур. Методи визначання якості – Чинний від 2004-01-01*. Київ: Держспоживстандарт України, 2003. 173 с.
9. *Хранение зерна*. Пер. с англ. В. И. Дашевского [и др.] под ред. и с предисл. Н. П. Козьминой. М., «Колос», 1975. 424 с.
10. *Вобликов Е. М., Станкевич Г. М. Современные системы хранения зерна. Хранение и переработка зерна*. Днепропетровск, 2001. № 5 (71). С. 36-38.
11. Кирпа М. Я. *Хранение зерна и факторы его долговечности. Хранение и переработка зерна*. 2008. № 3 (105). С. 31-33.
12. *Їжик М. К. Сільськогосподарське насіннезнавство. Формування, будова та властивості насіння*. Ч. 1. Харків, 2000. 104 с.
13. *Кіндрок М. О., Соколов В. М., Вишневецький В. В. Насінництво з основами насіннезнавства*. К.: Аграр. наука, 2012. 264 с.
14. ДСТУ 4525:2006 *Кукурудза. Технічні умови*. Чинний від 2006-02-28. Київ: Держспоживстандарт України, 2006. 10 с.

References

1. Trysviatskyi, L. A., Lesyk, B. V., Kurdyna, V. A. (1991). *Khraneniye y tekhnolohiya selskokhozyaistvennykh produktov*. [Storage and technology of agricultural products]. Moskva: Kolos., [in Russian]
2. Kyrpa, M. Ya. (2011). Grain storage – state and prospects for development in connection with the increase in grain production in Ukraine. *Biul. In-tu sil. hosp-va NAAN Ukrainy*. [Biul. In-tu sil. hosp-va NAAN Ukrainy], 1, 9–14 [in Ukrainian]
3. Kravchuka, V. I. (Eds.). (2011). *Mashyny, ahrehaty ta komplekсы dlia pisliazbyralnoi obrobky i zberihannia zernovykh kultur: posibnyk*. [Machines, aggregates and complexes for post-harvest processing and storage of grain crops] M-vo ahrar. polityky ta prod-va Ukrainy; UkrNDIPVT im. L. Pohoriloho. Doslidnytske: UkrNDIPVT im. L. Pohoriloho., [in Ukrainian]
4. Oskina, N. M., Herasymchuk, O. P., Matviienko, N. P. (2012). *Tekhnolohiia zberihannia ta pererobky zerna.: Navchalnyi posibnyk*, [Grain storage and processing technology.: Study guide] Uman: Knyha plius., [in Ukrainian]
5. Kobets, A. S., Chursinov, Yu. O., Chernykh, S. A. et al. (2014). *Mashyny i obladnannia dlia zberihannia ta kompleksnoi obrobky zerna*. [Machines and equipment for grain storage and complex processing]. Dnipropetrovsk: DDAU. [in Ukrainian]
6. Voblykov, E. M. (2001). *Tekhnolohiya elevatornoy promyshlennosti. Uchebnoye posobiye*. [Technology of the elevator industry]. Rostov-na-Donu: «MarT»., [in Russian]
7. Podpriatov, H. I., Skaletska, L. F., Senkov, A. M. (2010). *Tekhnolohiia zberihannia i pererobky produktii roslinnystva: navch. posibnyk*. [Technology of storage and processing of plant products: training]. Kyiv: TsP Kompynt., [in Ukrainian]
8. DSTU 4138-2002 Seeds of agricultural crops. Quality determination methods: [Valid from 2004-01-01] (2003). Kyiv: Derzhspozhivstandard of Ukraine. 173 p. [in Ukrainian]
9. Dashevskoho, V. Y., Kozymnoi, et. al. (1975). *Khraneniye zerna*. [Grain storage] M., «Kolos», [in Russian]
10. Voblykov, E. M., Stankevych, H. M. (2001). *Sovremennyye sistemy khraneniya zerna. Hranenie i pererabotka zerna* [Grain storage and processing.], 5(71). 36–38. [in Ukrainian]
11. Kyrpa, M. Ya. (2008). Grain storage and factors of its durability. *Hranenie i pererabotka zerna* [Grain storage and processing], 3(105). 31–33. [in Ukrainian]
12. Yizhyk, M. K. (2000). *Silskohospodarske nasinnieznavstvo. Formuvannia, budova ta vlastyvoli nasinnia*. [Agricultural seed science. Formation, structure and properties of seeds] Ch. 1. Kharkiv. N.p., [in Ukrainian]
13. Kindruk, M. O., Sokolov, V. M., Vyshnevskyi, V. V. (2012). *Nasinnystvo z osnovamy nasinnieznavstva*. [Seed production with the basics of seed science]. Kiev: Ahrar. nauka., [in Ukrainian]
14. DSTU 4525:2006 Maize. Specifications: [Valid from 2006-02-28]. (2006). Kyiv: Derzhspozhivstandard of Ukraine. 10 p. [in Ukrainian]

UDC 631.563.9

Kyrpa, M. Ya. State and development of grain storage engineering and technologies in Ukraine. Grain Crops. 2022. 6 (2). 69–76.

State Enterprise Institute of Grain Crops of NAAN, 14 Volodymyra Vernadskoho St., Dnipro, 49009, Ukraine

Topicality. These researches are due to the grain storage problem, the features of maize grain storage in metal silos under the various environmental factors, as well as more efficient using the material and technical facilities, including the grain storages of new generation. **Purpose.** To establish the types of grain storage facilities that are most appropriate for storing the yield of different crops, to improve metal silos and maize grain storage technologies. **Materials and Methods.** During experiments on maize grain storage, we used the metal silo equipped with a system of sensors to measure the temperature in different places of grain heap. We studied two models of grain storages, such as a standard construction (control) and an experimental one thermal isolated with a polyurethane layer. During the storage experiment, grain quality was monitored on grain moisture content, dockage, damage and germination. **Results.** Different types of grain storage facilities storing main volume of grain harvest were characterized; the technical, economic and technological advantages and disadvantages of grain storage were highlighted; directions for further development are outlined. The features of maize grain storage in the metal silos under influence of external meteorological conditions for 60 day were established. Temperature fluctuations were 7.1–13 °C in grain storage with thermal insulation, 4.5–25.9 °C – without insulation. As a result of significant temperature fluctuations, the grain was moistened by 2.2 %, its acidity increased by 1 degree, germination decreased by 7 %. At the stage of preparation for storage, maize grain should be cleaned to purity of 93–97 % by removing grain impurities. An effective method for this is fractional separation of grain. **Conclusions.** Thermal insulation of metal silos significantly reduces the negative impact of fluctuations in ambient air temperature, stabilizes the storage mode, and ensures high quality maize grain. The stability of grain during storage increases in the case of selection from it a fraction of grain of small, unfilled, with a low 1000 grain weight.

Key words: types of grain storage facilities, metal silo, thermal insulation, maize, quality, cleaning grain before storage