

ЗМІСТ

| | |
|--|-----|
| ВСТУП | 5 |
| РОЗДІЛ 1 | |
| ТЕХНОЛОГІЇ ЗБЕРІГАННЯ ЗЕРНА | 7 |
| Сучасні елеватори..... | 7 |
| Очищення зерна від домішок..... | 9 |
| Сушіння зерна..... | 16 |
| Установки для приймання та відпуску зерна на водний транспорт..... | 32 |
| Зниження травмування зерна в процесі післязбиральної обробки..... | 43 |
| Технології зберігання та обробки зерна..... | 52 |
| Система розвантаження силосів VibraFloor..... | 55 |
| Питання для самоконтролю..... | 57 |
| РОЗДІЛ 2 | |
| СЕПАРУВАННЯ ЗЕРНА | 58 |
| Сепаратори компанії Bomill..... | 58 |
| Система LumoVision компанії BUEHLER..... | 60 |
| Технологія гіперспектральної візуалізації..... | 63 |
| Питання для самоконтролю..... | 66 |
| РОЗДІЛ 3 | |
| ТЕХНОЛОГІЇ БОРОШНОМЕЛЬНОГО ВИРОБНИЦТВА | 67 |
| Очищення зерна від домішок у борошномельному виробництві..... | 67 |
| Обробка поверхні зерна..... | 70 |
| Зволоження зерна..... | 77 |
| Особливості сучасного та інноваційного обладнання розмелювального відділення..... | 81 |
| Система Online-вимірювання розміру частинок..... | 101 |
| Технологія підготовки зерна до помелу компанії OCRIM..... | 102 |
| Технологія підготовки зерна до помелу компанії BUEHLER..... | 105 |
| Технологія помелу зерна пшениці в борошно компанії OCRIM..... | 110 |
| Технологія помелу зерна пшениці в борошно компанії BUEHLER..... | 113 |
| Технологія ферментного помелу..... | 114 |
| Гідротермічна обробка борошна..... | 119 |
| Питання для самоконтролю..... | 122 |
| РОЗДІЛ 4 | |
| ONLINE-КОНТРОЛЬ ЯКОСТІ ЗЕРНА ТА ГОТОВОЇ ПРОДУКЦІЇ | 123 |
| Online-контроль показників якості в потоці..... | 123 |
| Технологія Online-контролю..... | 126 |
| Питання для самоконтролю..... | 132 |
| РОЗДІЛ 5 | |
| ТЕХНОЛОГІЇ КРУП'ЯНОГО ВИРОБНИЦТВА | 133 |
| Оптичне сепарування в технологіях круп'яного виробництва..... | 133 |
| Технологія перероблення зерна вівса в крупи..... | 139 |

ЗМІСТ

| | |
|--|------------|
| Технологія перероблення зерна рису в крупи компанії SHULE | 140 |
| Технологія перероблення зерна кукурудзи в крупи..... | 142 |
| Інноваційне обладнання для луцення зерна | 145 |
| Питання для самоконтролю..... | 147 |
| РОЗДІЛ 6 | |
| ТЕХНОЛОГІЇ КОМБІКОРМОВОГО ВИРОБНИЦТВА | 148 |
| Мікронізація зернової сировини | 148 |
| Екструдування зернової сировини..... | 150 |
| Гідротермічна обробка в комбікормовому виробництві..... | 153 |
| Експандування комбікормів..... | 156 |
| Фінішне напилення рідких компонентів | 161 |
| Технологічний процес виробництва комбікормів компанії Van Aarsen | 166 |
| Технологія виробництва комбікормів компанії Andritz | 168 |
| Двоступеневе подрібнення в технології виробництва комбікормів | 170 |
| Технологія виробництва повнораціонних комбікормів для жуйних тварин на основі соломи..... | 176 |
| Питання для самоконтролю..... | 179 |
| РОЗДІЛ 7 | |
| ІННОВАЦІЙНІ ТРАНСПОРТНІ СИСТЕМИ | 180 |
| Штовхаючий конвеєр TUBO | 180 |
| Енергозберігаючий пневмотранспорт..... | 183 |
| Питання для самоконтролю..... | 184 |
| РОЗДІЛ 8 | |
| СУЧАСНІ СИСТЕМИ ЗНЕПИЛЕННЯ ПОВІТРЯ | 185 |
| Локальні фільтри..... | 185 |
| Локальні рециркуляційні пристрої | 188 |
| Питання для самоперевірки | 189 |
| РОЗДІЛ 9 | |
| СИСТЕМИ АВТОМАТИЗАЦІЇ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ КОМПАНІЇ BUNLER | 190 |
| Питання для самоконтролю..... | 193 |
| ВИКОРИСТАНА ЛІТЕРАТУРА ТА ПОСИЛАННЯ..... | 194 |

ВСТУП

У сучасних умовах виробництво якісної, конкурентної продукції неможливе без використання передових технологій та інноваційних рішень. Інновації у сфері харчових технологій підпорядковані пошуку засобів і способів, що гарантують максимальні якість та безпеку харчових продуктів, а також забезпечують рентабельне та енергоощадне їх отримання.

Технології зберігання та перероблення зерна стрімко розвиваються та вдосконалюються. Пріоритетними інноваційними напрямками в зернопереробній галузі є розроблення перспективних способів зберігання, транспортування та оброблення сировини; формування механізмів щодо раціонального використання сировини під час виробництва.

Для підготовки висококваліфікованих фахівців необхідно надавати здобувачам знання із новітніх та інноваційних технологій. Новітні, прогресивні та інноваційні технології зберігання і перероблення зерна викладаються здобувачам освітнього ступеня «Магістр» спеціальності 181 «Харчові технології» освітньої програми «Технології зберігання і переробки зерна» в курсі «Інновації в зернових технологіях».

Метою навчальної дисципліни «Інновації в зернових технологіях» є ознайомлення здобувачів із сучасними та інноваційними технологіями, які застосовуються в технологіях зберігання і перероблення зерна. У результаті вивчення дисципліни «Інновації в зернових технологіях», здобувачі мають набути здатності розв'язувати задачі дослідницького та/або інноваційного характеру; удосконалювати існуючі та розробляти нові технології.

Вивчення цієї дисципліни базується на знаннях, отриманих здобувачами в результаті вивчення вибіркового освітнього компоненту, які забезпечують здобуття фахових компетентностей та мають науково-практичне спрямування.

Фахівцями кафедри технології зберігання і переробки зерна Національного університету харчових технологій зібрано та проаналізовано сучасні рішення та інноваційні технології зберігання і перероблення зерна, які висвітлено в цьому навчальному посібнику.

Структура посібника відповідає структурі робочої програми дисципліни «Інновації в зернових технологіях».

Представлений у посібнику матеріал охоплює широке коло питань: починаючи від інноваційних рішень і новітнього обладнання для зберігання зерна та його перероблення в борошно, крупи та комбікорми до інновацій у технологіях транспортування сипких продуктів, знепилення, а також автоматизації. Особливу увагу приділено інноваційним рішенням контролю якості зерна й готової продукції в потоці, а саме: контролю в реальному часі – Online-режимі.

Навчальний матеріал посібника розбито на дев'ять розділів. Інноваційні рішення кожної галузі зберігання та перероблення зерна висвітлено в окремому розділі.

ВСТУП

У посібнику наведені дані щодо принципу роботи сучасного сушильного, зерноочисного та подрібнюючого обладнання, представлені принципові схеми технологічних процесів виробництва борошна (зокрема, гідротермічну обробку борошна, ферментний помел зерна), крупів та круп'яних продуктів, аквакормів та комбікормів провідних вітчизняних та закордонних компаній.

Під час підготовки посібника автори намагалися представити інформацію в доступному для сприйняття вигляді. Зокрема, технологічні схеми зберігання і перероблення зерна раціонально скомпоновані на сторінці та оформлені в кольорі.

Навчальний посібник буде корисним для здобувачів вищих навчальних закладів спеціальності 181 «Харчові технології» освітнього ступеня «магістр» освітньої програми «Технології зберігання і переробки зерна», освітнього ступеня «доктор філософії» та виробничників, які цікавляться питаннями зберігання і перероблення зерна, а також для фахівців, які бажають підвищити свій рівень знань.

РОЗДІЛ 1

ТЕХНОЛОГІЇ ЗБЕРІГАННЯ ЗЕРНА

Сучасні елеватори

За радянських часів широко будувалися збірні елеватори та залізобетонні монолітні елеватори. З отриманням незалежності, Україна відкрила свої ринки для закордонних машинобудівних компаній, які виготовляють елеваторне обладнання, розробляють та впроваджують сучасні технології зберігання зерна. У 90-ті роки минулого століття почалося інтенсивне будівництво металевих елеваторів на території України.

Металеві елеватори знайшли широке застосування як в Україні так і у світі за рахунок того, що вони будуються в 5...10 разів швидше за залізобетонні елеватори. Як приклад, компанія «Нібулон» (м. Миколаїв, Україна) опанувала технологію будівництва металевих елеваторів за 90 діб. Перший такий елеватор був збудований у м. Переяслав-Хмельницький (Київська область).

Металеві елеватори дешевше залізобетонних орієнтовно у 2 рази. Застосування металевих елеваторів дає низку переваг у порівнянні з монолітними залізобетонними, а саме можливість заводського виготовлення конструкцій, меншу масу металевих конструкцій, їх простоту транспортування, у тому числі на далекі відстані, простоту й невелику трудомісткість монтажу, можливість створення герметичних ємностей, що особливо важливо для боротьби зі шкідниками зерна за допомогою газації, а також можливість зберігання зерна в середовищі інертного газу, що дає змогу тривалий час підтримувати добрий стан зерна. На рисунку 1.1 (див. с. 8) показано загальний вигляд сучасного металевого елеватора.

Металеві елеватори мають низку недоліків:

- 1) високу теплопровідність стін та даху;
- 2) конденсацію вологи на внутрішніх стінах, що викликає потребу в обладнанні теплоізоляції стін і даху або організації аерації силосу;
- 3) корозію металу під дією хімічних речовин із зернової маси, що зберігається;
- 4) збільшені горизонтальні тиски на стінки при випусканні зерна із силосу внаслідок мінімального тертя його о стінки;
- 5) міграцію вологи в середині зернової маси, яка зберігається залежно від періоду року;
- 6) для елеваторів із великим об'ємом силосів немає можливості індивідуального зберігання невеликих партій зерна різної якості.

Під час вивільнення металевих силосів необхідно забезпечувати надходження великої кількості повітря в силос, інакше можливе стискання силосу за рахунок вакууму, який утворюється в середині силосу.

1 ТЕХНОЛОГІЇ ЗБЕРІГАННЯ ЗЕРНА

Поряд із металевими силосами, робочу башту металевого елеватора також будують переважно із металоконструкцій. Металеві елеватори будуються в основному із силосами круглого перетину. Однак металеві елеватори можуть мати силоси квадратного перетину, виконаних у вигляді одного силосного корпусу. На рисунку 1.2 показано силосний корпус металевого елеватора французької компанії Ceres Groupe із квадратними силосами [99].

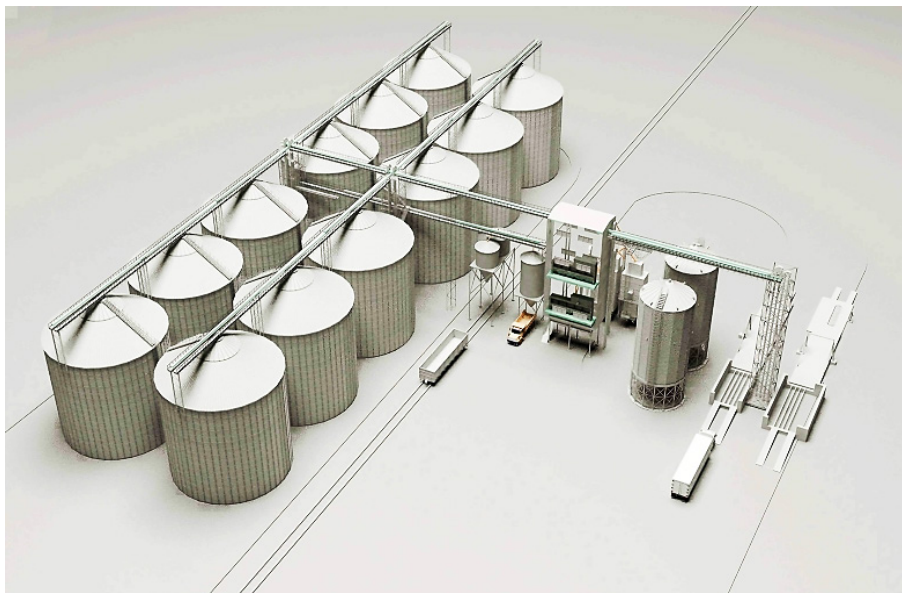


Рис. 1.1. Загальний вигляд металевого елеватора



Рис. 1.2. Будівництво силосного корпусу із квадратними металевими силосами компанії Ceres Groupe [99]

Силоси металевих елеваторів краще пристосовані для обладнання їх системами активної вентиляції ніж силоси залізобетонних елеваторів.

Залізобетонні елеватори також продовжують будувати в одиничних екземплярах у різних державах світу. Один з останніх найвищих у світі залізобетонних елеваторів був збудований у Цюріху (Швейцарія) у 2016 р. і належить борошномельній компанії Swissmill. Висота елеватора 118 м, місткість елеватора 40 тис. т зерна пшениці [114]. Загальний вигляд елеватора наведено на рисунку 1.3.



Рис. 1.3. Загальний вигляд елеватора компанії Swissmill (Цюріх, Швейцарія) [114]

Очищення зерна від домішок

У зв'язку з інтенсивним будівництвом елеваторів в Україні, низка машинобудівних компаній розпочали випуск зерноочисного обладнання різної продуктивності та конструкції. Сепаратори, які використовуються в елеваторній галузі можна класифікувати на чотири великі групи: а) зерноочисні сепаратори із плоским розташуванням решітних полотен; б) сепаратори барабанного типу; в) повітряні сепаратори; г) гравітаційні сепаратори. Провідними виробниками зерноочисних сепараторів в Україні є компанії «Хорольський механічний завод» (м. Хорол, Україна) та «ОЛІС» (м. Одеса, Україна). Інші вітчизняні машинобудівні підприємства виробляють обмежений типорозмірний ряд зерноочисного обладнання для елеваторної галузі.

1 ТЕХНОЛОГІЇ ЗБЕРІГАННЯ ЗЕРНА

Хорольський механічний завод виготовляє типорозмірний ряд «плоско решітних» сепараторів, які за принципом дії аналогічні до типових сепараторів типу А1-БІС-100. Відмінним є збільшена площа решітних полотен, що й забезпечує їх високу продуктивність (табл. 1.1) [32].

Таблиця 1.1

Технічні характеристики зерноочисних сепараторів Хорольського механічного заводу [32]

| Марка сепаратора | Технічна продуктивність, т/год | | Ефективність очищення, % | | Площа решітних полотен, м ² | Загальні витрати на аспірацію, м ³ /год |
|------------------|--------------------------------|-----------------|--------------------------|-----------------|--|--|
| | попередня очистка | кінцева очистка | попередня очистка | кінцева очистка | | |
| БСХ-3 | 12 | 3 | 20 | 80 | — | 600 |
| БСХ-6 | 25 | 6 | 20 | 75 | — | 4000 |
| БСХ-12 | 40 | 12 | 20 | 80 | — | 4000 |
| БСХ-16 | 50 | 16 | 20 | 75 | — | 8200 |
| БСХ-100 | 80 | 24 | 20 | 80 | 6 | 8500 |
| БСХ-150 | 120 | 36 | 20 | 80 | — | 8500 |
| БСХ-1-4 | 200 | — | 20 | — | 3,9 | 8500 |
| БСХ-200 | 200 | 50 | 20 | 80 | 12 | 17000 |
| БСХ-300 | 300 | 100 | 20 | 80 | 24 | 36000 |
| БСХ-400 | 400 | 150 | 20 | 80 | 36 | 36000 |
| БСХ-500 | 500 | 200 | 20 | 80 | 48 | 36000 |
| БСХМ-16 | 66 | 16 | 20 | 75 | 4 | 4500 |
| БСХМ-50 | 80 | 30 | 20 | 75 | 8 | 5600 |
| УСМ-22 | 150 | 50 | — | — | 22 | — |
| УПМ-12 | — | — | — | — | 12 | — |

Компанія «ОЛИС» виготовляє зерноочисні сепаратори з плоскими решітними полотнами марок ПСО та «Горизонт К» (рис. 1.4, див. с. 11) [11]. Технічні характеристики яких наведено в таблиці 1.2 (див. с. 11). Сепаратори можуть працювати як у режимі попереднього очищення зерна так і в режимі первинного очищення. Сепаратори «Горизонт К» можуть обладнуватися повітряними сепараторами із замкнутим циклом повітря і сепаратором із розімкнутим циклом повітря в складі ліній підготовки зерна до перероблення на борошномельних та круп'яних підприємствах. Перевагами сепараторів «Горизонт К» є висока продуктивність при малій площі, яку займає сепаратор; ефективне очищення зерна за рахунок великої площі решітних полотен; використання простих, надійних і високоефективних очисників решітних полотен; можливість організації подвійного повітряного сепарування зерна (на вході в решітний кузов і на виході із нього) за умови використання додаткових повітряних каналів.

Зерноочисні сепаратори з плоскими решітними полотнами великої продуктивності виготовляють багато закордонних машинобудівних компаній,

такі як: BУHLER (Швейцарія), JK Machinery (Чехія), Elica-Elevator (Болгарія), Riela (Польща), АRAJ (Польща), PЕТKUS (Німеччина), Сimbria (Данія), Kepler Weber (Бразилія) та ін.

Однією з особливостей сепараторів великої продуктивності із плоскими решітними полотнами є багатоярусне розташування решітних полотен у середині кузова. Наприклад, сепаратор БСХ-300 має три яруси решітних полотен. У кожному ярусі розташовано по два ряди решітних полотен. Аналогічне розташування решітних полотен у сепараторах інших компаній

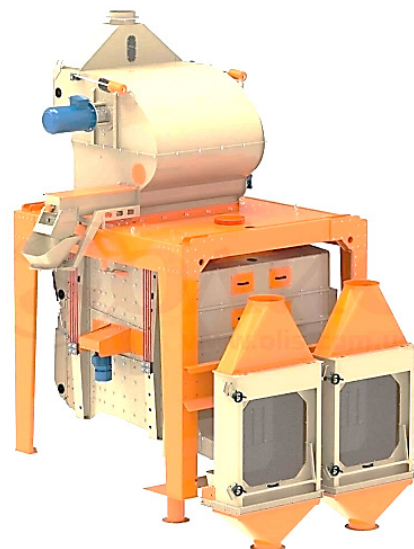
Таблиця 1.2

Технічні характеристики зерноочисних сепараторів компанії «ОЛІС» [11]

| Марка сепаратора | Продуктивність, т/год | | Витрати повітря на аспірацію, м ³ /год | Аеродинамічний опір, Па |
|------------------|-----------------------|-------------------|---|-------------------------|
| | попереднє очищення | первинне очищення | | |
| ПСО-3 | 12 | 3 | 300 | 400 |
| ПСО-50 | 50 | 15 | 600 | 400 |
| ПСО-100 | 100 | 30 | 1200 | 400 |
| Горизонт К-130 | 130 | 40 | 300 | 400 |
| Горизонт К-150 | 150 | 80 | 1000 | 400 |
| Горизонт К-300 | 300 | 120 | 1500 | 400 |
| Горизонт К-400 | 400 | 160 | 2000 | 800 |
| Горизонт К-500 | 500 | 240 | 3000 | 1200 |



а



б

Рис. 1.4. Зерноочисні сепаратори з плоскими решітними полотнами [11; 32]:

- а – сепаратор БСХ-400 Хорольського механічного заводу;
 б – сепаратор «Горизонт К-400» компанії «ОЛІС»

1 ТЕХНОЛОГІЇ ЗБЕРІГАННЯ ЗЕРНА

як вітчизняних, так і закордонних. На рисунку 1.5 показано схему сепарування та розташування решітних полотен сепаратора Горизонт К-400.

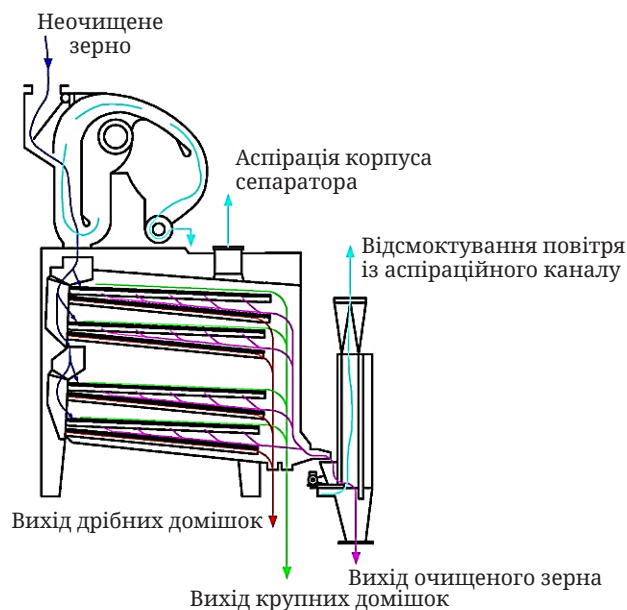


Рис. 1.5. Схема сепарування зерна в сепараторі Горизонт К-400 компанії «ОЛІС» [11]

Із розвитком елеваторної галузі, в Україні почали виготовляти сепаратори барабанного типу, які раніше широко не використовувалися для очищення зерна від домішок. Однією із перших компаній, яка розпочала випуск барабанних сепараторів марки КБС в Україні був Карлівський машинобудівний завод (м. Карлівка, Полтавська область). Сепаратори КБС є аналогом барабанних сепараторів компанії MAROT (Франція).

Після Карлівського машинобудівного заводу, виробництво сепараторів барабанного типу для елеваторної галузі розпочала компанія «ОЛІС» (м. Одеса, Україна) [11], яка виготовляє широкий типорозмірний ряд сепараторів барабанного типу, характеристики яких наведено в таблиці 1.3 (див. с. 13). У конструкцію сепараторів барабанного типу також входить повітряний сепаратор із замкнутим циклом повітря, що дає змогу додатково виділяти легкі домішки із зернової маси (рис. 1.6, див. с. 13). В Україні сепаратори барабанного типу також виготовляються компанією Агросепмаш (м. Запоріжжя).

Очищення зерна в сепараторах барабанного типу здійснюється за допомогою просіювання через решітний барабан, який обертається. Очищення решітних полотен здійснюється блоками рухомих щіток та катків, які розташовані уздовж решітного барабану. У сепараторах барабанного типу сепарування зернової маси здійснюється сходами, тобто схід